

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra Elektroenergetiky

Návrh lokální distribuční sítě v průmyslové zóně
Hrabová

Proposal of local distribution network in the
industrial zone Hrabová

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Gałęziok**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika
Téma: **Návrh lokální distribuční sítě v průmyslové zóně Hrabová**
Proposal of local distribution network in the industrial zone Hrabová
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor elektrizační soustavy
2. Teoretický rozbor distribučních rozvodných soustav
3. Dimenzování silového vybavení rozvodných zařízení
4. Návrh lokální distribuční sítě v průmyslové zóně Hrabová
5. Návrh přípojné stanice pro vybrané objekty průmyslových hal

Seznam doporučené odborné literatury:


1. Hradílek, Z.: Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí. Montanex a.s., Ostrava, 2008.
2. Pauza, J., Krychtánek, Z.: Elektrické stanice. SNTL Praha, 1989.
3. Santarius P.: Elektrické stanice a vedení. Skripta VŠB Ostrava, 1993.
4. Horák, K.: Výpočet elektrických sítí. SNTL Praha, 1980.
5. Technická dokumentace průmyslové zóny Hrabová.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr. Ing. Zdeněk Medvec**

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Ostrava dne: 28.04.2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jalovík', written over a dotted line.

podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych touto cestou v první řadě poděkovat panu Ing. Richard Najman Ph.D., který mi poskytnul veškeré zázemí pro zpracování tohoto specifického tématu. Dále panu doc. Dr. Ing. Zdeněk Medvec., za odborné směřování v technické problematice, cenné rady a jiná doporučení v oblasti elektroenergetiky.

Ostrava dne: 28.04.2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jalovský', written over a dotted line.

podpis studenta

ABSTRAKT

V této diplomové práci budu řešit problematiku návrhu lokálních distribučních sítí.

V diplomové práci budu blíže popisovat problematiku dimenzování a ukládání VN kabelů, jakožto i jednu ze zajímavých problematik při návrhu ukládání VN kabelu a to je souběh a křížení se sítěmi (voda, plyn, telekomunikace,...).

Dále budu popisovat pro mě velmi zajímavou část a to je návrh kioskové přípojné stanice, která bude sloužit pro napájení vybraných objektů průmyslových hal v průmyslové zóně Hrabová.

Klíčová slova:

Průmyslová zóna Hrabová, lokální distribuční síť, přípojná stanice, VN kabely, VN rozvaděč, ČEZ Distribuce

ABSTRACT

In this thesis, I am going to address the issue of the draft of local distribution networks. I would like to further describe the issue of design and storage of high-voltage cables, as well as one of the interesting issues - the design of storage of high-voltage cable and that is concourse and intersection with networks (water, gas, telecommunications). Furthermore, I am going to describe a very interesting area to me: the design of the connected station kiosk, which will be used to power the selected objects of industrial buildings in the industrial zone of Hrabová.

Keywords:

Hrabová Industrial Zone, a local distribution network, connected station, high voltage cables, HV switchgear, CEZ Distribution

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČSN	Česká státní norma
DS	Distribuční soustava
DT	Distribuční transformátor
DTS	Distribuční transformační stanice
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES	Elektrizační soustava
LDS	Lokální distribuční soustava
MT	Měřicí transformátor
MTN	Měřicí transformátor napětí
MTP	Měřicí transformátor proudu
NN	Nízké napětí
OZ	Opětovné zapnutí
PDS	Provozovatel distribuční soustavy
PLDS	Provozovatel lokální distribuční soustavy
PPDS	Pravidla provozování distribuční soustavy
PPPS	Pravidla provozování přenosové soustavy
PPS	Provozovatel přenosové soustavy
PS	Přenosová soustava
PS	Přípojná stanice
SV	Slabá vazba
VN	Vysoké napětí
VVN	Velmi vysoké napětí

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	ROZBOR ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY	11
2.1	Základní pojmy	11
2.2	Elektrizační soustava	14
2.3	Principiální řešení elektrických sítí z hlediska uspořádání	15
3	TEORETICKÝ ROZBOR DISTRIBUČNÍCH ROZVODNÝCH SOUSTAV	17
3.1	Distribuční rozvodné sítě velmi vysokého napětí (VVN)	17
3.2	Distribuční rozvodné sítě vysokého napětí (VN)	19
3.3	Distribuční rozvodné sítě nízkého napětí (NN)	20
3.3.1	Typy NN sítí	20
4	DIMENZOVÁNÍ SILOVÉHO VYBAVENÍ ROZVODNÝCH ZAŘÍZENÍ.....	25
4.1	Dimenzování podle dovolené teploty	25
4.1.1	Charakteristika provozu.....	26
4.1.2	Charakteristika prostředí.....	26
4.2	Dimenzování průřezu vodiče z hlediska hospodárnosti.....	27
4.3	Dimenzování podle mechanické pevnosti	27
4.4	Dimenzování podle úbytku napětí	27
4.5	Dimenzování podle tepelných účinků zkratových proudů.....	28
5	NÁVRH LOKÁLNÍ DISTRIBUČNÍ SÍTĚ V PRŮMYSLOVÉ ZÓNĚ HRABOVÁ	
	29	
5.1	Napojované objekty v rámci navrhované smyčky	29
5.1.1	Podání žádosti o připojení u společnosti ČEZ Distribuce a.s.....	30
5.2	Napojení přípojné stanice PS3	31
5.3	Návrh dimenze VN kabelu	33
5.3.1	Návrh dimenze přívodního napájecího VN kabelu do přípojné stanice PS3	33
5.3.2	Návrh dimenze kabelu pro smyčky PS3/1 a PS3/2	34
5.3.3	Ekonomické srovnání nákladů.....	35
5.4	Ochranná pásma a prostorové uspořádání sítí	36
5.4.1	Ochranná pásma	36
5.4.2	Prostorové uspořádání sítí	39
5.5	Uložení VN kabelu do země	43
5.5.1	Kabely ve výkopu.....	44

5.5.2	Výstražná fólie.....	44
5.5.3	Označování kabelů v trase.....	44
5.5.4	Jedno a vícekomorové ochranné konstrukce, kabelovody	45
5.5.5	Příprava dna výkopu před pokládkou ochranných konstrukcí	45
5.6	Nápojení podružných trafostanic 22/0,4 kV	46
6	NÁVRH PŘÍPOJNÉ STANICE PRO VYBRANÉ OBJEKTY PRŮMYSLOVÝCH	
	HAL	49
6.1	Návrh a výběr kiosku přípojné stanice PS3	49
6.1.1	Další technické údaje přípojné stanice PS3	50
6.1.2	Uzemnění přípojné stanice PS3	51
6.2	Rozdělení a uspořádání VN rozvaděčů v přípojné stanici PS3	52
6.2.1	Skladba polí VN rozvaděče v přípojné stanici PS3	53
6.3	Měření spotřeby elektrické energie.....	57
6.3.1	Měřicí transformátory proudu a napětí	58
6.3.2	Elektroměry	59
6.4	Dálkové řízení VN rozvaděče v přípojné stanici PS3.....	60
7	ZÁVĚR	63
	SEZNAM PŘÍLOH	66
	SEZNAM OBRÁZKŮ	67
	SEZNAM TABULEK	68

1 ÚVOD

V této diplomové práci budu řešit problematiku návrhu lokálních distribučních sítí. Pro zpracování diplomové práce bude jako předloha sloužit projekt návrhu lokální distribuční sítě v průmyslové zóně Hrabová, na kterém jsem spolupracoval s kolegou Ing. Richardem Najmanem Ph.D.

Rád bych v diplomové práci blíže popsal problematiku dimenzování a ukládání VN kabelů, jakožto i jednu ze zajímavých problematik při návrhu ukládání VN kabelu, a to je souběh a křížení se sítěmi (voda, plyn, telekomunikace,...). Prostorové uspořádání sítí je definováno normou ČSN 73 6005. V této normě jsou předepsány ochranná pásma jednotlivých sítí a řešeny pravidla pro křížení těchto sítí. Zároveň je dle této normy nutné uvědomit dotčené orgány o tom, že vstupujeme do jejich ochranného pásma. Na oplátku od těchto dotčených orgánů musíme následně dostat povolení, respektive vyjádření, zda jim jejich pásmo narušit můžeme, či nikoli. Vstup do ochranného pásma jednotlivých sítí nemusí být vždy povolen a je to hlavně z toho důvodu, že když dojde na nějaké ze sítí k poruše, tak je při dodržení hranic ochranného pásma porušené sítě minimální riziko toho, že při opravě dojde k narušení (poškození) sítí okolních. Ovšem jedna věc je, co říká norma a co je na papíře a druhá věc je to, co jsme schopni reálně dodržet na stavbě. Je totiž pochopitelné, že v městské zástavbě jsou sítě mnohem hustěji „naskládány“ kolem sebe než třeba na vesnici.

Dále bych rád popsal pro mě velmi zajímavou část a to je návrh kioskové přípojné stanice. Konkrétně bych se rád zabýval přípojnou stanicí s označením PS3, která bude sloužit pro napájení vybraných hal. Při pojmu přípojná stanice si můžeme představit takový VN rozvaděč, který je vybaven různými poli, například přívodové pole, měřicí pole, jistící pole atd..

O podrobnějších zajímavostech a problematikách se můžete dočíst níže v textu mé diplomové práce.

2 ROZBOR ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY

2.1 Základní pojmy

Elektrizační soustava (ES) – je vzájemně propojený soubor zařízení pro výrobu, přenos, transformaci a distribuci elektřiny, včetně elektrických přípojek a přímých vedení, a systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky.

Distribuční soustava (DS) – je vzájemně propojený soubor vedení a zařízení 110 kV (s výjimkou vybraných vedení a zařízení 110 kV, která jsou součástí přenosové soustavy) a vedení a zařízení o napětí 0,4/0,23 kV, 1,5 kV, 3 kV, 6 kV, 10 kV, 22 kV, 25 kV a 35 kV, sloužící k zajištění distribuce elektřiny na vymezeném území ČR, včetně systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky; DS jsou zřizovány a provozovány ve veřejném zájmu. Posláním DS je bezpečně a hospodárně zásobovat odběratele elektřinou v požadovaném množství a kvalitě v daném čase a poskytovat distribuční služby uvnitř i vně soustavy provozovatele DS. Kromě toho zajišťuje systémové a podpůrné služby na úrovni DS.

Plánovací a přípojovací předpisy pro DS – poskytnou uživatelům informace o standardech dodávky elektřiny nabízené DS, o zásadách jejího rozvoje i o technických požadavcích, které musí k ní připojení uživatelé splňovat. Zvláště jsou definovány požadavky na připojení výroben. Dále umožňuje tato část pravidel příslušnému uživateli získat od provozovatele DS přehled o distribučních a výrobních kapacitách, zatížení a některé další informace o DS.

Přenosová soustava (PS) – je vzájemně propojený soubor vedení a zařízení 400 kV, 220 kV a vybraných vedení a zařízení 110 kV, sloužící pro zajištění přenosu elektřiny pro celé území ČR a propojení s elektrizačními soustavami sousedních států, včetně systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky; přenosová soustava je zřizována a provozována ve veřejném zájmu.

Pravidla provozování distribuční soustavy (PPDS) – je soubor veřejně dostupných dokumentů specifikujících zásady působnosti provozovatele a uživatelů DS, schválený energetickým regulačním úřadem (ERÚ).

PPDS definují technické aspekty provozních vztahů mezi provozovatelem DS a všemi dalšími uživateli připojenými k DS. Ustanovení pravidel provozování distribuční soustavy (PPDS) jsou společná a závazná pro všechny provozovatele a uživatele DS. Kromě Pravidel provozování DS musí provozovatelé DS plnit své závazky vyplývající z licence, z obecných právních předpisů a z pravidel provozování přenosové soustavy (PPPS).

Protože PPPS specifikují všechny technické aspekty požadavků na rozhraní mezi přenosovou soustavou (PS) a DS, nejsou již v pravidlech provozování DS práva a povinnosti provozovatele PS podrobně uváděny.

PPPS a PPDS jsou nezbytná k tomu, aby společně pomohla rozčlenit:

- celkově efektivní provoz ES,
- přiměřenou, prakticky dosažitelnou míru zabezpečení zákazníka elektřinou a kvality dodávek,
- průhledná a nediskriminační pravidla přístupu všech uživatelů k sítím.

PPDS však neobsahují úplně všechny předpisy, které mají uživatelé připojení k DS dodržovat. Tito uživatelé musí dále respektovat i ostatní příslušné právní předpisy a technické normy, bezpečnostní předpisy, předpisy požární ochrany, ochrany životního prostředí a předpisy pro dodávku elektřiny.

PPDS sestávají ze dvou hlavních částí:

- plánovacích a připojovacích předpisů pro DS,
- provozních předpisů pro DS.

PPDS se vztahují na:

- provozovatele DS,
- provozovatele PS,
- provozovatele lokálních DS,
- provozovatele výroben připojených do DS,
- obchodníky s elektřinou,
- zákazníky.

Některé části PPDS se vztahují jen na určité kategorie uživatelů DS, a to podle typu připojení nebo charakteru užívání DS. Všichni uživatelé však musí znát a respektovat ta ustanovení pravidel, která se jich týkají.

Pravidla provozování PS (PPPS) definují technické aspekty provozních vztahů mezi provozovatelem PS a všemi dalšími uživateli připojenými k PS. Některá jeho ustanovení se vztahují i na výrobu elektřiny ve výrobnách připojených do DS. Provozní předpisy pro DS obsahují provozní záležitosti, které ovlivňují uživatele a vyžadují jeho součinnost, jako ustanovení o odhadech předpokládané poptávky, o plánování odstávek DS a výroben, o hlášení provozních změn a událostí, o bezpečnosti zařízení DS a o postupech při mimořádných událostech.

Požadavky na poskytování informací provozovateli DS ze strany uživatelů jsou shrnuty v předpisech pro registraci údajů o soustavě. Provozovatel DS je potřebuje zejména pro plánování provozu a rozvoje DS. Tyto informace jsou důvěrné a je možné je zpřístupnit pouze za okolností stanovených ve všeobecných podmínkách DS, upravujících v Pravidlech provozování DS především záležitosti právní povahy.

Při provozování DS jsou provozovatelé DS povinni zajistit nediskriminační přístup k DS všem oprávněným uživatelům.

Užívání DS může mít různý charakter:

a) dodávku elektřiny do DS (přes vstupní místa připojení):

- z PS,
- z výroby připojené do DS,
- z jiné DS,
- mezistátní,

b) dodávku elektřiny z DS do PS,

c) odběr elektřiny z DS (přes výstupní místa připojení),

- k zařízení zákazníka,
- do jiné DS,
- mezistátní,

d) distribuci elektřiny po DS mezi vstupními a výstupními místy připojení,

e) zajištění systémových a podpůrných služeb (např. regulace výkonu a napětí), pohotovostních dodávek a krytí spotřeby odběratele ze strany provozovatele DS tam, kde došlo k výpadku vlastního zdroje odběratele nebo tento zdroj odběrateli nepostačuje nebo došlo k výpadku

dodávky od smluvního dodavatele.

Různé druhy užívání DS vyžadují různé typy smluv mezi provozovatelem DS a uživateli, které případně upravují i technické řešení míst připojení. Vždy však musí zajistit dodržování příslušných ustanovení PPDS. Pokud některý druh užívání DS předpokládá současně i užívání PS, musí uživatel uzavřít smlouvu i s provozovatelem PS a respektovat PPPS.

Příprava provozu DS – je činnost prováděná při dispečerském řízení DS, při které se zpracovává soubor technicko – ekonomických a organizačních opatření v oblasti výroby, distribuce a spotřeby elektřiny, jejímž cílem je zajištění spolehlivého a bezpečného provozu DS při respektování smluvních vztahů mezi účastníky trhu s elektřinou.

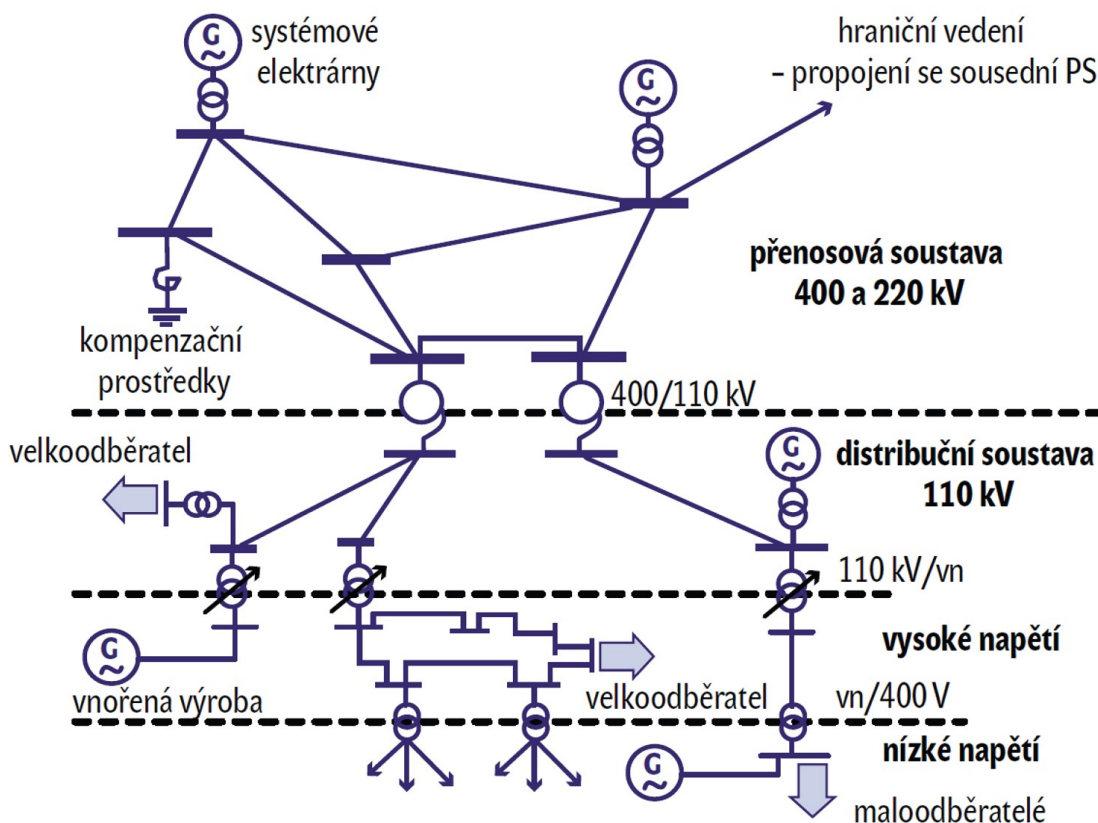
2.2 Elektrizační soustava

Tato soustava se skládá ze zdrojů, sítě a spotřebičů (Obr. 1.1). Základ elektrizační soustavy – jakousi páteř – tvoří přenosová soustava (nazývaná také nadřazená), která je charakterizována:

- sítě o napětí 400 a 220 kV (včetně vybraných vedení 110kV),
- vyvedením výkonu velkých, tzv. systémových elektráren,
- transformační vazbou na napětí 110 kV,
- propojením do soustav sousedních států pomocí hraničních vedení.

Na přenosovou soustavu navazuje distribuční soustava, kterou charakterizuje:

- několik napěťových úrovní od 110 kV až po sítě nízkého napětí (nn),
- sítě jsou radiální nebo okružní,
- zásobování jsou z ní buď velkoodběratelé (z vyšších napěťových hladin), nebo maloodběratelé (ze sítě nízkého napětí 400/230 V),
- vyvedeny jsou do ní zdroje nižšího výkonu (nazývané také distribuovaná nebo rozptýlená, příp. vnořená výroba).



Obrázek 1 Uspořádání elektrizační soustavy

2.3 Principiální řešení elektrických sítí z hlediska uspořádání

Sítě mohou být z hlediska uspořádání řešeny jedním ze dvou základních způsobů:

- jako otevřený rozvod, kde je elektrická energie ke spotřebiči dodána jednou cestou,
- jako uzavřený rozvod, kde lze napájení zajistit vždy ze dvou nebo více stran.

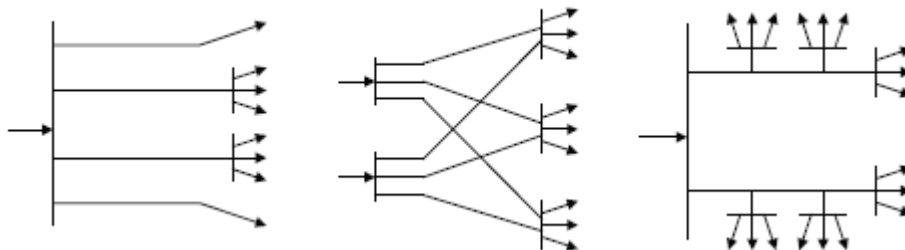
K prvnímu způsobu patří paprskový rozvod a průběžný rozvod, ke druhému způsobu patří okružní rozvod a mřížová síť. Výběr vhodného druhu rozvodu závisí na způsobu provozu řešené soustavy, jak z hlediska rozdělování výkonu, tak i z hlediska bezpečnosti a hospodárnosti. Na Obr. 1.2 jsou naznačeny uvedené druhy rozvodu elektrické energie.

Přenosová (nadřazená) soustava 400 kV a 220 kV – je řešena okružním rozvodem, do kterého pracují tuzemské zdroje velkých výkonů.

Distribuční soustava 110 kV tvoří základní pilíř distribuční soustavy. Síť zajišťují tranzit elektriny z uzlových transformoven zvn/vvn a vvn/vvn do transformoven 110/vn kV. Do těchto sítí je vyveden výkon řady elektráren o výkonech desítek MW, jsou provozovány zpravidla jako okružní a zvolenému způsobu provozu odpovídá i použitý systém chránění distančními ochranami. Síť se vyznačuje spolu s vedeními zvn a vvn přenosové soustavy vysokou spolehlivostí, velice nízkou četností poruch a díky způsobu provozu a zálohování většina poruch při správném působení ochranných systémů nezpůsobí přerušení dodávky elektriny odběratelům. Vedení jsou nejčastěji konstruována jako dvojítá (dvě vedení na jednom stožáru), nicméně v ČR se vyskytují i vedení jednoduchá, trojitá a čtyřnásobná.

Distribuční síť vn jsou tvořeny venkovními a kabelovými vedeními provozovanými v převážné míře s napětím 22 kV, resp. 35 kV. Z minulosti jsou v provozu sítě s napětím 3, 6 a 10 kV. Tyto sítě ale nejsou dále rozvíjeny a jsou v rámci unifikace nahrazovány napěťovou hladinou 22 kV, resp. 35 kV. V drtivé většině jsou tyto sítě provozovány paprskově, případně formou průběžného rozvodu. V městských aglomeracích toto řešení většinou umožňuje řadu propojení do dvojpaprskového nebo okružního rozvodu.

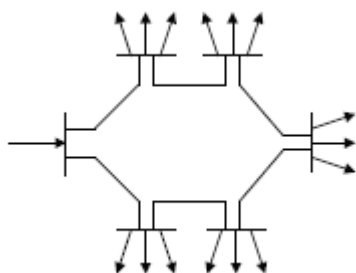
Distribuční síť nn jsou provozovány převážně paprskovým a průběžným rozvodem, husté městské sítě jsou provedeny jako mřížové.



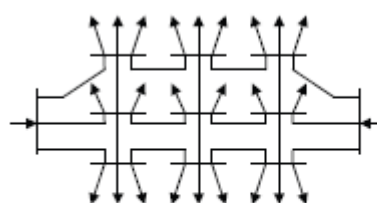
a) paprskový

b) dvojpaprskový

c) průběžný



d) okružní



e) mřížový

Obrázek 2 Druhy rozvodů

3 TEORETICKÝ ROZBOR DISTRIBUČNÍCH ROZVODNÝCH SOUSTAV

3.1 Distribuční rozvodné sítě velmi vysokého napětí (VVN)

Distribuční sítě velmi vysokého napětí (vvv) jsou provozovány standardně v oddělených systémech příslušných jednotlivým transformátorům 400/110 kV event. 220/110 kV s maximálně možným zokruhováním jednotlivých síťových celků.

Rozpojovací místa jsou volena tak, že z hlediska ztrát se způsob provozu sítě 110 kV blíží paralelnímu chodu.

Způsob provozování uzlu sítě 110 kV předurčuje, jaký typ poruch se může v této síti vyskytnout. Tato kapitola se omezuje na nejvýznamnější typ poruch, kterými jsou zkraty.

Zkrat je elektromagnetický přechodový děj, který je definován jako náhodné nebo úmyslné spojení dvou nebo více bodů obvodu (vodivé spojení fází, nebo jedné fáze se zemí), které mají při normálním provozu různá napětí, přes poměrně malý odpor nebo impedanci. Při zkratu protékají obvodem zkratové proudy, v blízkosti místa zkratu obvykle několikanásobně převyšující běžné provozní proudy, což má za následek odpojení zkratovaných částí od zdroje.

Přirozeným růstem spotřeby elektrické energie, a z toho odvozeným růstem elektrických výkonů v nových elektrárnách, spolu se stálým zvětšováním rozsahu elektrických sítí všech napětí, se zvětšují i zkratové proudy ve všech článcích elektrického rozvodu, počínaje napětím vvn a konče napětím nn. Růst zkratových proudů v elektrizační soustavě je evidentně nepříznivý jev. Vývoj zkratových proudů ovlivňuje parametry rozvodné soustavy, konstrukci mnoha elektroenergetických výrobků a vyžaduje soustavné sledování v provozu. Pro správné dimenzování téměř všech elektroenergetických zařízení je nutné znát nejen velikost, ale i časový průběh zkratů. Pro projektování a provoz elektrizační soustavy je třeba řešit problém zkratových proudů nejen pro současnou situaci, ale též pro budoucnost, tj. je nutné uvažovat životnost zařízení. Tato okolnost se doposud řeší použitím zařízení s větší zkratovou odolností. Opatření pro omezení zkratových proudů se používá jen tehdy, není-li k dispozici zařízení s potřebnými parametry.

Příčiny vzniku zkratu v sítích VVN

Různé vady zařízení, zejména nedokonalá izolace – a to z výrobních důvodů (materiály, nevhodná technologie výroby atd.), nebo z důvodu špatné montáže (nepředpisové pokládání kabelů, nedodržení technologie při montáži kabelových spojek a koncovek atd.). K tomu přistupují též poruchy z důvodu zhoršení kvality izolace dlouhodobým přetěžováním kabelových vedení - zrychlené stárnutí izolace způsobené zvýšenou teplotou při nadproudech.

Přepětí - atmosférické nebo i provozní způsobí často porušení izolace a následný zkrat. Cizí zásahy (lidé, přírodní vlivy) - jedná se o velmi častou příčinu vzniku zkratu, např. překopnutí či přetržení kabelu při zemních pracích všeho druhu, dále sesuvy půdy, působení hlodavců na plášť kabelu, pády stromů do venkovního vedení. Do této kategorie je možné zařadit i narušení plášťů kabelů působením bludných proudů.

Nedostatečná zkratová odolnost zařízení - vyskytuje se u starších, nerekonstruovaných zařízení v soustavách s prudkým nárůstem hodnot zkratových proudů. V důsledku částečného poškození zařízení při zkratu pak dochází k následným poruchám. Vlivem selhání lidského činitele - chybné manipulace v různých (zvláště složitých) elektrických zařízeních, např. vypnutí přípojnicového odpojovače při zatížení (bez vypnutí předřazeného vypínače) v rozvodech vn a vvn. Dále je to ponechání cizích předmětů (zvláště kovových) v zařízení po předchozí demontáži atd.

Nebezpečné děje při zkratu v sítích VVN

Tepelné působení - působením zkratových proudů stárne izolace kabelu, dochází ke zmenšování mechanické pevnosti vodičů, narušení mechanické pevnosti různých spojů atd. Zvlášť nebezpečné je tepelné působení elektrického oblouku (vznik požárů, těžké popáleniny osob).

Mechanické působení - při zkratu vznikají vlivem elektromagnetického působení zkratového proudu mechanické síly, které způsobují ve formě dynamického rázu těžké mechanické namáhání všech částí elektrického systému (ohýbání pevných vodičů, roztržení podpěrných izolátorů, kývání lanových vodičů, přerušení vinutí elektrických strojů atd.).

Pokles napětí - při zkratu dochází k náhlému poklesu impedance el. obvodu a k mimořádnému poklesu napětí, přičemž do místa poruchy tečou zkratové proudy ze všech zdrojů ES dle jejich výkonů a el. vzdálenosti. Úbytky napětí rostou od místa zdrojů k místu zkratu, takže pokles napětí se projeví různou měrou v celé soustavě. Pokles napětí se nepříznivě projeví na funkci řady elektrických spotřebičů, např. indukčních motorů, kde prudce klesá točivý moment motoru.

U světelných spotřebičů dochází ke zmenšení světelného toku (žárovky), popřípadě ke zhasnutí (výbojky, zářivky). Pokles napětí v přenosových soustavách ohrožuje také stabilitu chodu systému.

Indukované napětí - zkratové proudy tekoucí silovými vedeními (zemí) ohrožují funkci řady sdělovacích zařízení svým magnetickým polem, a tím i indukovaným napětím na těchto sdělovacích zařízeních.

Přepětí – v souvislosti s vypínáním zkratových proudů vznikají v rozvodech přepětí dosahující hodnoty až dvojnásobku jmenovitého napětí. Vedle toho je třeba věnovat pozornost také velikosti zotaveného napětí po odepnutí zkratu vypínačem. Zotavené napětí může svojí strmostí narušit nejen izolaci el. zařízení, ale také vlastní vypínací proces ve vypínači opětovným přeskokem vypínací dráhy a opětovným zapálením oblouku mezi kontakty vypínače, což může vést i k havárii vypínače.

Chránění distribuční sítě VVN

Pro chránění vedení v distribučních sítích vvn se využívají zejména distanční ochrany, které bývají zpravidla vybaveny lokátorem poruchy. Po vzniku poruchy dojde k odpojení postiženého úseku vedení ve velmi krátkém čase (v prvním stupni ochrany cca 0,1s, ve druhém stupni cca 0,3-0,5s). Lokátor v ochraně současně informuje dispečera o vzdálenosti poruchy od příslušné rozvodny. Výpočet vzdálenosti vychází ze zjištěné hodnoty impedance a jeho přesnost tedy velmi závisí na znalosti aktuálních parametrů vedení. Zde často nelze zanedbat vliv paralelních vedení, vliv prostřídání fází paralelního vedení, vliv počasí, apod. V případě potřeby se systém chránění doplňuje o rozdílovou (srovnávací) ochranu, případně záložní distanční ochranu. Systém chránění vedení 110kV je standardně vybaven automatikou opětného zapínání OZ (nejčastěji jednopólového). Rozdílová ochrana zajistí selektivitu při střídání krátkých a dlouhých linek, umožní zkrácení vypínacích časů při zkratech mimo 85% délky vedení a reaguje i na odporové (stromové) poruchy díky citlivějšímu rozběhu. V odůvodněných případech (uzlové rozvodny 110 kV, s velkým počtem linek 110 kV a připojenými velkými elektrárnami) se používá automatické synchronizační zařízení, které umožní bezproblémové sepnutí vedení.

3.2 Distribuční rozvodné sítě vysokého napětí (VN)

Vysokonapětové soustavy v ČR je možné s ohledem na charakter provozu rozdělit na soustavy distribuční s napětovými hladinami 10, 22 a 35 kV a dále na soustavy elektrárenských, průmyslových a důlních provozů s napětovou hladinou převážně 6 a 10 kV. Základní parametry a možnosti provozu distribučních soustav vn jsou určeny zejména systémem uzemnění transformátoru vvn/vn, tedy způsobem spojení nulového bodu vn vinutí napájecího transformátoru se zemnicí soustavou. Volba systému uzemnění nám definuje možnosti provozu soustavy z hlediska bezpečnosti, chránění, dimenzování či nepřetržitosti dodávky elektrické energie. V případě bezporuchového stavu symetrické sítě se způsob uzemnění nijak prakticky neprojeví na jejím provozu. Zásadní rozdíl je v případě poruchy, kdy dojde k vodivému spojení jedné fáze se zemí. Pokud tato porucha vznikne uvnitř sítě účinně uzemněné či uzemněné přes uzlový odporník, mluvíme o jednofázovém zkratu a poruchový proud dosahuje úrovně, které vylučují další provoz postižené soustavy.

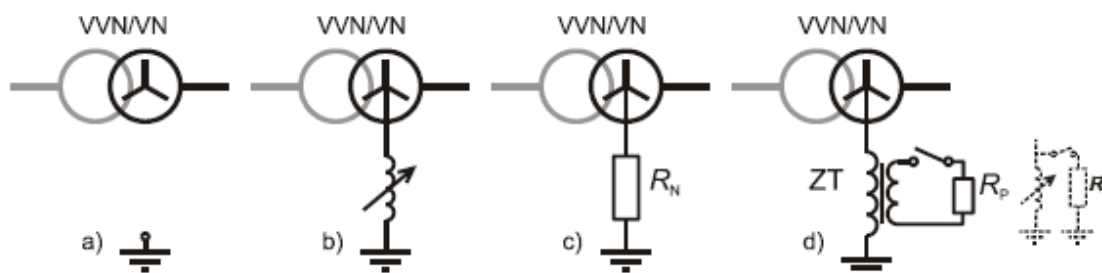
V tomto případě musí dojít v co nejkratším čase k odpojení postiženého vedení a tedy i k přerušení dodávky elektrické energie. U sítí neúčinně uzemněných či izolovaných se jedná o zemní spojení, jehož poruchový proud nedosahuje tak vysoké úrovně a není tedy bezpodmínečně nutné okamžité vypnutí postiženého vývodu. Právě úroveň poruchového proudu je značně ovlivněna použitým systémem uzemnění a je tedy směrodatná pro určení rizika úrazu elektrickým proudem, dimenzování či pro zhodnocení mechanických následků způsobených poruchou. Díky velké rozloze a členitosti jsou distribuční soustavy vn, které hustě protínají převážnou část našeho území, vystaveny mnoha

nepříznivým vlivům. Tyto vlivy, jako jsou například atmosférické podmínky, způsobují v případě venkovního vedení velké množství přechodných zemních spojení, která sama v krátkém čase odezní bez potřeby přerušení dodávky elektrické energie. Z tohoto důvodu jsou přednostně naše distribuční soustavy vysokého napětí provozovány jako neúčinně uzemněné. V současné době jsou výše zmíněné vysokonapěťové soustavy provozovány s ohledem na způsob uzemnění jako soustavy:

- izolované (Obr. 1.3 a),
- nepřímo uzemněné přes uzlový odporník (Obr. 1.3c)
- nepřímo uzemněné přes zhašecí tlumivku (kompenzované soustavy), (Obr. 1.3 b).

Přičemž pro poslední zmíněný typ soustavy se v ČR využívá několika modifikací, a to:

- klasická laděná zhašecí tlumivka s případným připínáním pomocného odporníku pro navýšení činné složky poruchového proudu na sekundární straně, příležitostně na straně primární – „maďarský“ odporník (Obr. 1.3 d),
- zhašecí tlumivka vybavená automatikou pro přizemnění postižené fáze v napájecí rozvodně



Obrázek 3 Příklad systému uzemnění v distribučních soustavách VN

3.3 Distribuční rozvodné sítě nízkého napětí (NN)

Sítě nízkého napětí jsou navrhovány s ohledem na charakter napájeného objektu nebo oblasti, které se vyznačují odlišnou velikostí požadovaných výkonů a stupněm důležitosti zajištění dodávky elektrické energie. Uvedená kritéria pak rozhodují nejen o dimenzování jednotlivých částí sítě, ale také o jejich konfiguraci a způsobu připojení odběrů.

3.3.1 Typy NN sítí

Paprskové distribuční sítě NN

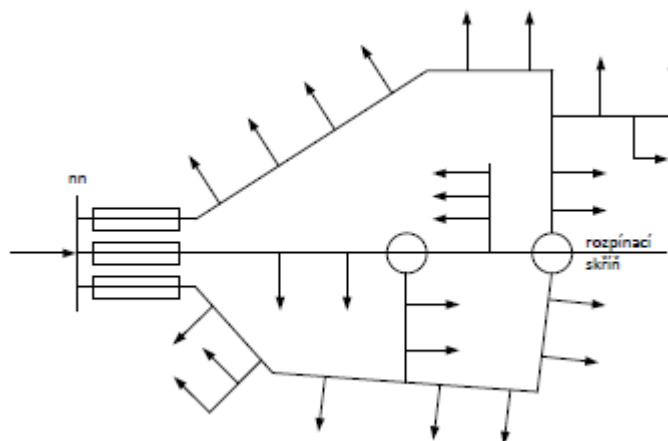
V paprskových sítích vedení vycházejí z napájecího místa (transformovny nebo spínací stanice) a zásobují jednotlivé odběry. Každý vývod (paprsek) je samostatný a nelze je vzájemně spojovat. Tento

způsob rozvodu je obvykle nejlevnější, avšak jistota zásobování je nejmenší. Přerušení dodávky může být několik hodin. Paprsková síť se obvykle používá v obcích, v malých městech i v průmyslu.

Okružní distribuční síť NN

Síť okružní je možno provozovat rozepnutou nebo sepnutou. Jednotlivé paprsky nebo polosmyčky jsou vedeny tak, aby se daly sepnout do uzavřených smyček. V obvyklých provozních stavech se tedy jedná o síť paprskové. Při poruše vedení lze však snadno postižený obvod přepnout na vývod sousední a to buď ručně, nebo automaticky.

Sítě okružní jsou dražší než paprskové, protože pro vzájemné spojení je třeba větších délek vedení.

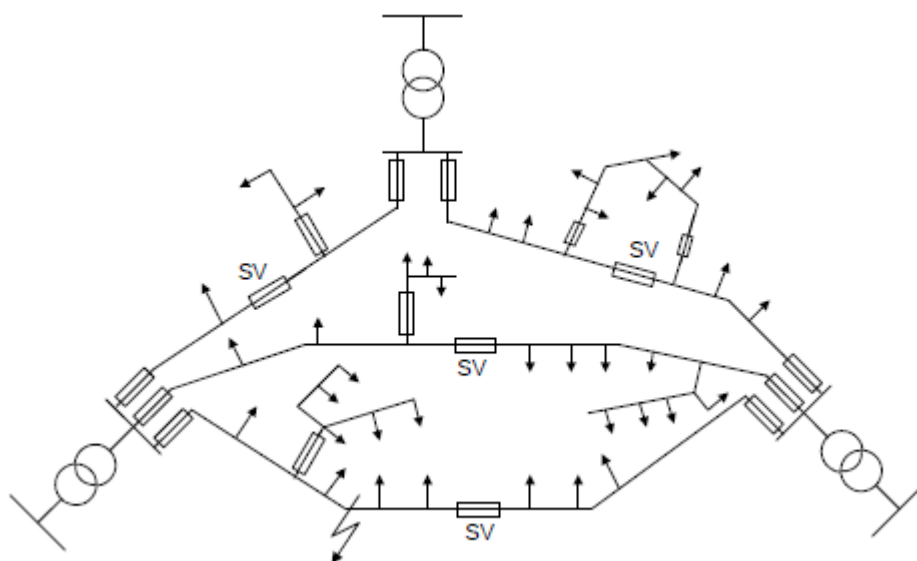


Obrázek 4 Okružní síť NN

Zjednodušená mřížová distribuční síť NN

Zjednodušenou mřížovou síť nn lze vytvořit tehdy, pracují-li do společné sítě alespoň dva transformátory vn/nn. Mezi těmito transformátory je spojení hlavními vedeními obvykle s většími průřezy, jištěnými výkonovými (hlavními) pojistkami na vývodech z distribuční transformační stanice (DTS). Ve vhodných místech těchto hlavních vedení jsou slabší pojistky, zvané pojistky slabé vazby (SV). Podle zkušeností i zkoušek v provozu má být poměr jmenovitých proudů pojistek hlavních ku pojistkám slabé vazby 2:1.

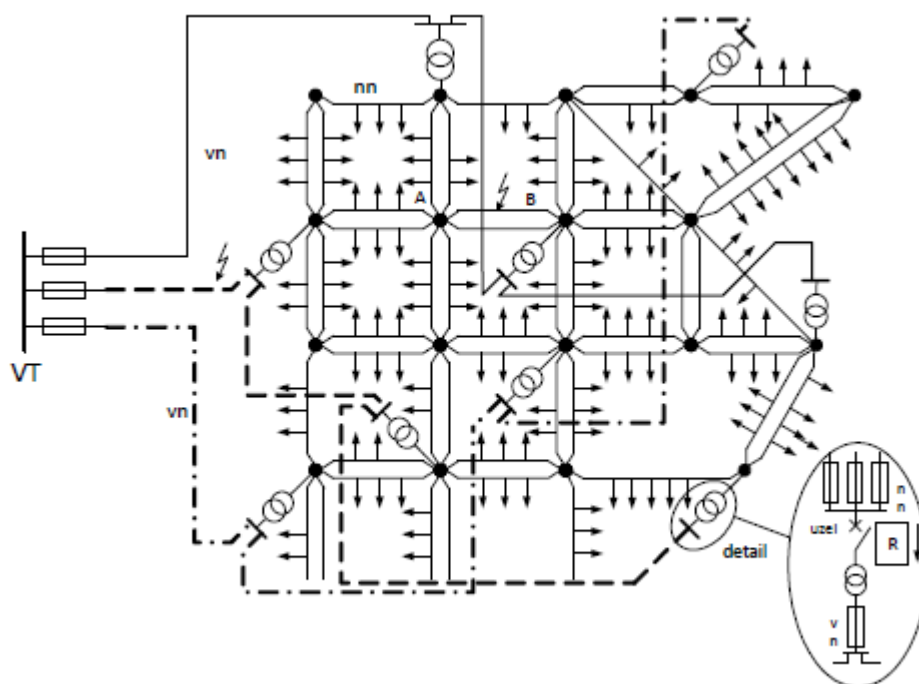
Vyskytne-li se zkrat, např. v označeném místě sítě, reaguje nejprve pojistka slabé vazby SV 4 a teprve v dalším zlomku vteřiny hlavní pojistka v DTS 2. Ostatní síť zůstává v provozu. Zjednodušená mřížová síť reaguje na poruchy na straně nn, nikoliv na straně vn. Distribuční transformovny DTS 1, DTS 2 a DTS 3 jsou většinou napájeny jedním vedením vn, obvykle venkovním.



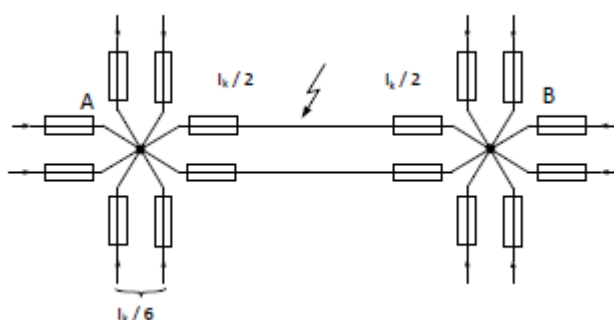
Obrázek 5 Zjednodušená mřížová síť NN

Klasická mřížová distribuční síť NN

Klasické mřížové sítě nn se zpravidla používají ve větších městech s měrnou hustotou 1 MW/km a více, kde je několik transformoven napájených nejméně dvěma, lépe třemi až pěti napáječi vn. Kabelové vedení nn se spojí na křižovatkách ulic do uzlu. Jsou to skříně s pojistkami za zděné, na vhodných místech v domovních zdech, nebo umístěné do samostatných pilířů. Pojistky nn mají mít pomalou charakteristiku a ve všech skříních stejnou jmenovitou hodnotu. Nastane-li porucha v úseku sítě nn mezi dvěma skříněmi, rozdělí se proud. Z charakteristiky pojistek je zřejmé, že se pojistky na porušeném vývodu přetaví za kratší čas, a to tak rychle, že ostatní pojistky zůstanou neporušeny. Vyřadí se tak z provozu pouze porušený úsek A-B. V klasické mřížové síti je vyšší spolehlivost zásobování odběratelů při poruše některého napáječe vn než v ostatních typech sítí. Nastane-li porucha na napáječi vn, teče zkratový proud do místa zkratu nejen z místa napájení VT, ale i ze strany sítě nn. Pro tento případ jsou na straně nn každého transformátoru spínače ovládané směrovými relé, která dají popud k vypnutí vadného napáječe v případě toku výkonu z nn do vn. Téměř současně vypne spínač ve stanici VT, takže napáječ č. 2 zůstane bez napětí, ale zásobování mřížové sítě zůstane neporušeno.

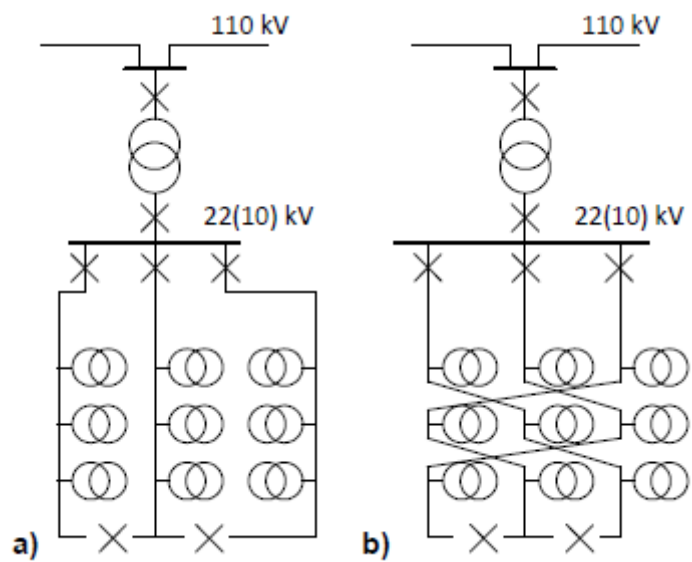


Obrázek 6 Klasická mřížová síť NN

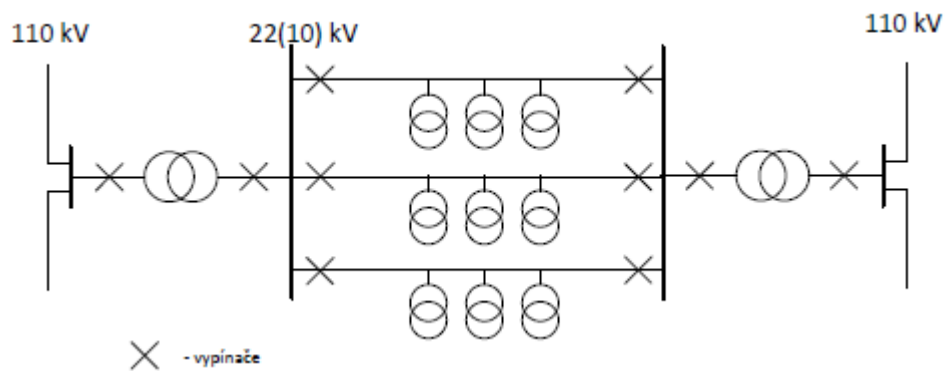


Obrázek 7 Klasická mřížová síť NN - rozdělení proudu v mřížové síti při zkratu

Klasické mřížové sítě dělíme podle počtu transformátoru 110 kV/vn, na které jsou připojeny distribuční transformátory vn/nn napájející mřížovou síť, na jednosystémové, dvousystémové příp. vícesystémové. Při poruše jednoho napáječe se tak zatížení rozloží na ostatní napáječe rovnoměrněji.



Obrázek 8 Jednosystémová mřížová síť NN



Obrázek 9 Dvousystémová mřížová síť NN

4 DIMENZOVÁNÍ SILOVÉHO VYBAVENÍ ROZVODNÝCH ZAŘÍZENÍ

Zásady dimenzování silového vybavení rozvodných zařízení spočívá v dodržení základních doporučených provozních parametrů daného prvku.

Dimenzování silového vybavení rozvodných zařízení provádíme dle:

Provozní teploty, která nesmí být větší než dovolená

- Průřez vodičů musí být v hospodárných mezích
- Vodiče musejí odolat mechanickému namáhání
- Úbytek napětí musí splňovat povolené meze
- Vodiče musí odolat tepelným a dynamickým účinkům zkratových proudů

Ovšem prvním a zároveň nejdůležitějším krokem je výpočet zatížení. Pro jeho stanovení je potřebné znát instalovaný výkon spotřebičů a způsob jejich provozu určený tzv. součinitelem náročnosti β , který celkový instalovaný výkon sníží.

4.1 Dimenzování podle dovolené teploty

Nelze připustit, aby oteplení vodičů a silového vybavení rozvodných zařízení dosáhlo během provozu velkých teplot jak z hospodářských, tak bezpečnostních důvodů. Vysoká teplota způsobuje rekrystalizaci materiálu, která způsobuje zhoršení mechanických vlastností.

Spoje vodičů vlivem teploty zvyšují přechodový odpor a izolace vodičů stárne rychleji a tím ztrácí své izolační vlastnosti. Aby se předešlo těmto problémům, je stanovena nejvyšší dovolená provozní teplota ($^{\circ}\text{C}$) a tím i proud, kterým lze zařízení a vodiče zatěžovat. Provozní teplota je ovšem ovlivněna několika faktory:

- Charakteristikou daného vodiče nebo kabelu
- Charakteristikou provozu
- Charakteristikou prostředí
- Charakteristikou uložení

4.1.1 Charakteristika provozu

Základní charakteristikou provozu je časový průběh proudu, kterým je zařízení a vodič zatěžován. Pro výpočet proudu při znalosti instalovaného činného výkonu (W) a účinníku nebo zdánlivého výkonu (VA) využijeme rovnici.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_s} \quad (\text{A})$$

Kde I je vypočtený proud (A)

P je vypočtené zatížení (W)

S je vypočtené zatížení (VA)

$\cos \varphi$ je účinník

U_s je jmenovité sdružené napětí (V)

Vypočtený proud může zařízením a vodičem procházet různými časovými průběhy, které mají velký vliv na hodnotu provozní teploty. Oproti standardnímu časovému průběhu (trvalý provoz) se jedná o krátkodobý nebo přerušovaný časový průběh proudu.

4.1.2 Charakteristika prostředí

Okolí, ve kterém se zařízení a vodič nachází, má zásadní význam pro odvod tepla, které vznikne při průchodu proudu zařízením nebo vodičem. Mezi charakteristiky prostředí patří:

- Druh prostředí (vzduch, voda, půda)
- Teplota okolí (°C)
- Tepelný odpor půdy

U teploty okolí a tepelného odporu půdy je zapotřebí rozlišovat hodnoty základní a maximální skutečné. Z hodnot základních se stanoví jmenovité proudové zatížení. Skutečné maximální hodnoty se pak použijí pro přepočet tohoto proudu na skutečný proud, který vodičem může protékat. Např. je-li teplota okolí vyšší než teplota základní, nastanou horší podmínky pro odvod tepla. Aby tedy nedošlo k překročení dovolené provozní teploty, je nutné proudovou zatížitelnost snížit. Naopak při nižší teplotě okolí je možné proudovou zatížitelnost bezpečně zvýšit. Obdobný postup ohledně proudového zatížení má i tepelný odpor půdy. Pokud je tepelný odpor půdy vyšší než základní, je vodič méně ochlazován a je nutné jej méně zatížit. Odpor půdy je také velmi proměnnou veličinou závisící na typu půdy, kompaktnosti půdy či vlhkosti. Dalším zajímavým poznatkem je, že tepelný odpor se mění v závislosti na hloubce uložení kabelu, na výšce spodní vody, intenzitě srážek, teplotě a také na tepelných ztrátách

vodiče, které okolní půdu ohřívají a vysoušejí. Vlivem vysoušení pak tepelný odpor roste. Pro dimenzování tedy použijeme hodnoty maximální.

4.2 Dimenzování průřezu vodiče z hlediska hospodárnosti

Vodiče a kabely by měly být dimenzovány hospodárně. Tím se myslí, aby nebyly zatěžovány proudem větším než hospodárným a celkové roční náklady na pořízení, provoz a údržbu vodičů byly optimální. Níže uvedený způsob se provádí, pokud je doba plných ztrát větší než 1000 hodin. Výpočet znázorňuje rovnice níže

$$S = k \cdot I_z \cdot \sqrt{T} \quad (\text{mm}^2)$$

Kde S je průřez vodiče (mm^2)

k je součinitel závislý na druhu vodiče

I_z je vypočtený proud (A)

T je doba plných ztrát vypočtená dle rovnice níže

$$T = t \cdot \frac{A}{P_p \cdot t} + 0,8 \cdot \frac{A^2}{P_p^2 \cdot t^2} \quad (\text{s})$$

Kde t je počet provozních hodin zařízení (h)

A je přenesená elektrická energie zařízení za rok (Wh)

P_p je vypočtené zatížení (W)

4.3 Dimenzování podle mechanické pevnosti

Vodiče a kabely musejí být dimenzovány i z hlediska mechanického namáhání. Kabelové vedení je mechanicky namáháno zejména při instalaci, tedy při pokládce, při zatahování do trubek apod.

4.4 Dimenzování podle úbytku napětí

Jedná se o kvalitativní ukazatel, který je dán odchylkou napětí na svorkách spotřebičů od jmenovité hodnoty napětí. Proto kabely a vodiče musejí být dimenzovány, aby pro dané zatížení vyhověly dovoleným odchylkám napětí. Dovolené maximální odchylky dle normy TN-25 jsou pro napětí 400 V, 50 Hz ± 5 % na svorkách spotřebiče. Pro napětí 220 V je tolerance $+5$ %, -10 % na svorkách spotřebiče. Pro rozběh asynchronních motorů je hodnota maximální odchylky -15 % a pro samonajíždění celé vlastní spotřeby je maximální hodnota -35 %. Jednou z možností, jak vyhovět

požadavkům na kolísání napětí je vhodná volba průřezu vodičů. Volbou převodu regulačního transformátoru, jejich rozmístěním, nebo volbou schématu rozvodu také ovlivníme kolísání napětí.

4.5 Dimenzování podle tepelných účinků zkratových proudů

Tento druh namáhání působí na všechny druhy a typy vedení. Dimenzováním získáme minimální průřez jádra vodiče, při kterém se vodič neohřeje nad dovolenou teplotu. Maximální dovolená teplota je stanovena hlavně s ohledem na podmínky způsobující stárnutí izolace a snížení mechanické pevnosti. Zkrat trvá velmi krátkou dobu ve srovnání s časovými oteplovacími konstantami, a tím se veškeré teplo vzniklé při zkratu akumuluje v jádře vodiče. Při kontrole uvažujeme nejdelší možnou dobu zkratu a normou stanoveny čtyři předpoklady:

- Neuvažuje se vliv magnetického pole vlastního vodiče ani blízkých paralelních vodičů
- Závislost elektrického odporu na teplotě je lineární
- Měrné teplo vodiče je konstantní
- Neuvažuje se odvod tepla

5 NÁVRH LOKÁLNÍ DISTRIBUČNÍ SÍTĚ V PRŮMYSLOVÉ ZÓNĚ HRABOVÁ

Tato část diplomové práce se bude zabývat návrhem lokální distribuční sítě v průmyslové zóně Hrabová. Průmyslová zóna Hrabová má k dnešnímu dni rozlohu cca 2 000 m² a stále se rozrůstá. Výstavba prvních objektů byla provedena již v letech 2013, kdy byla postavena například hala firmy Brembo. Dříve než bylo možno postavit první halu, muselo vzniknout zasíťování oblasti, především silovými VN kabely (smyčkami) pro možnost napájení jednotlivých hal. Postupem času se průmyslová zóna Hrabová rozrůstala, až do dnešního stavu, kdy je v řešení již 3. fáze zasíťování oblasti.

Rád bych se v této části Diplomové práce konkrétně zabýval onou 3. fází zasíťování oblasti průmyslové zóny Hrabová.

5.1 Napojované objekty v rámci navrhované smyčky

Jak již bylo popsáno výše, budu se zabývat poslední fází zasíťování průmyslové zóny Hrabová. V této fázi zasíťování bude vybudována nová přípojná stanice PS3 a položeny dvě smyčky VN kabelů.

V rámci dvou smyček budeme připojovat dle zadání investora celkem 7 nových hal. Haly se budou rozkládat na ploše cca 400m². Konkrétně se jedná o haly s obchodními názvy O08, O09.1, O09.2, O10, O11, O12, O13.

Tyto haly byly dle podkladů od investora a rozlohy zatříděny do jednotlivých provozní skupin. V průmyslové zóně Hrabová máme dnes 3 druhy provozních skupin hal a to haly skladové, kde se pohybuje instalovaný výkon haly v rozmezí 40-60 W/m², lehké strojní haly, v těchto halách se instalovaný výkon pohybuje v rozmezí 60-110 W/m², a průmyslové haly, respektive průmyslová výroba a zde se instalovaný výkon pohybuje nad 110 W/m². V posledním případě haly uvažujeme s osazením tavných pecí, licích strojů, atd...

Tabulka 1 Energetická bilance a zatřídění hal napojených v rámci smyček PS3/1 a PS3/2

Název objektu	Rozloha objekt [m ²]	Celkový výkon haly [MW]	Výkon na m ² haly [W/m ²]	Zatřídění objektu
O 08	21 672	1,6	73,82	Lehká strojní hala
O 09.1	3 770	1,2	318	Průmyslová hala
O 09.2	7 560	3	396	Průmyslová hala
O 10	25 092	0,4	15,94	Skladovací hala
O 11	11 232	1,2	106,84	Lehká strojní hala
O 12	15 052	1	66,44	Lehká strojní hala
O 13	21 645	3,8	175,56	Průmyslová hala

V tab.: 1 je krom zatřídění jednotlivých objektů do příslušných skupin rovněž názorně vidět celkový výkon jednotlivých hal. Na základě součtu jednotlivých celkových výkonů tedy dokážeme určit celkový výkon, který potřebujeme přenést VN kabelovou smyčkou a tudíž na jaký musí být VN kabelová smyčka, přípojné stanice PS3 a rovněž i VN rozvaděče v přípojné stanici PS3 navrženy.

Jelikož ovšem z přípojné stanice PS3 nepůjde jenom jedna smyčka, z důvodu situačního rozložení hal bude se tento celkový výkon dělit, podle toho z které smyčky budou napojeny příslušné objekty.

Celkový výkon 12,2 MW se tedy rozdělí do dvou smyček následovně. První smyčka bude zajišťovat napojení objektů O08, O09.1, O09.2, O11 a O12. Druhá smyčka bude tedy zajišťovat napojení objektů O10 a O13. Celkový výkon se nám rozdělí následovně, smyčka PS3/1 bude navržena pro výkon 8 MW a smyčka PS3/2 pro výkon 4,2 MW. Přípojná stanice PS3 a rovněž i vybavení VN rozvaděčů musí být ovšem navrženo na přenášený výkon 12,2 MW v napěťové hladině 22 kV.

5.1.1 Podání žádosti o připojení u společnosti ČEZ Distribuce a.s.

Rovněž jako u běžných výstaveb elektrických přípojek, tak i u výstavby lokální distribuční sítě se musí podat žádost o připojení elektrického zařízení. V podstatě se jedná o běžný formulář žádosti o připojení elektrického zařízení, viz výstřižek níže.



ŽÁDOST O PŘIPOJENÍ ELEKTRICKÉHO ZAŘÍZENÍ

k distribuční soustavě z napěťové hladiny vn, vvn

- ☒ NOVÝ ODBĚR ¹⁾ ☐ ZMĚNA REZERVOVANÉHO PŘÍKONU NEBO CHARAKTERU ODBĚRU ²⁾
☐ KRÁTKODOBÉ PŘIPOJENÍ ☒ PŘIPOJENÍ LOKÁLNÍ DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY (LDS)
☐ PŘEMÍSTĚNÍ MĚŘENÍ ³⁾ ☐ SLOUČENÍ ČI ROZDĚLENÍ ODBĚRNÉHO MÍSTA

PROVOZOVATEL DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY (dále jen PDS)

ČEZ Distribuce, a.s.

Děčín IV – Podmokly, Teplická 874/8, PSČ 405 02 | IČ 24729035 | DIČ CZ24729035 | zapsána v obchodním rejstříku vedeném Krajským soudem v Ústí nad Labem, oddíl B., vložka 2145 | licence na distribuci elektřiny č. 121015583 | registrační číslo u OTE: 715 | info@cezdistribuce.cz | www.cezdistribuce.cz | Zákaznická linka 840 840 840 |

ZÁKAZNICKÉ ČÍSLO ⁴⁾			ČÍSLO ELEKTROMĚRU ⁴⁾		
PŘIPOJOVANÉ ELEKTRICKÉ SPOTŘEBIČE					
DRUH SPOTŘEBIČE	STÁVAJÍCÍ	NOVÉ	DRUH SPOTŘEBIČE	STÁVAJÍCÍ	NOVÉ
Akumulační topení	kW	kW	Spotřebiče se zpětnými vlivy ⁶⁾	kW	kW
Přímotopné topení ⁶⁾	kW	kW	Osvětlení	kW	300 kW
Tepelné čerpadlo – pohon	kW	kW	Klimatizace	kW	100 kW
Ohřivače vody – akumulační	kW	kW	Technologické ohřevy	kW	kW
Ohřivače vody – přímotopné	kW	40 kW	Ostatní spotřebiče	kW	1060 kW
Pohony, svářečky	kW	kW	Záložní zdroj	kW	kW
Příprava pokrmů ⁷⁾	kW	kW			
DALŠÍ ÚDAJE					
STÁVAJÍCÍ HODNOTA REZERVOVANÉHO PŘÍKONU 0 MW			POŽADOVANÁ HODNOTA REZERVOVANÉHO PŘÍKONU 1,5 MW		
PŘEDPOKLAD ODEBRANÉ ENERGIE ZA ROK 2.000.000 kWh			POŽADAVEK NA ZVÝŠENOU SPOLEHLIVOST DODÁVKY ⁸⁾ <input type="checkbox"/> ANO <input checked="" type="checkbox"/> NE		
CHARAKTER PŘIPOJENÍ <input checked="" type="checkbox"/> TRVALÉ <input type="checkbox"/> KRÁTKODOBÉ			DOBA TRVÁNÍ KRÁTKODOBÉHO PŘIPOJENÍ DO ¹⁰⁾		
NEJVYŠŠÍ NAPĚŤOVÁ HLADINA ODBĚRNÉHO ZAŘÍZENÍ 22 kV			POŽADOVANÝ TERMÍN PŘIPOJENÍ ¹¹⁾		
DRUH KOMPENZACE ¹²⁾ <input type="checkbox"/> CENTRÁLNÍ <input checked="" type="checkbox"/> SKUPINOVÁ <input type="checkbox"/> INDIVIDUÁLNÍ <input type="checkbox"/> JINÁ			VÝKON 400 kVA		
DOPLŇUJÍCÍ POZNÁMKY ŽADATELE					

Obrázek 10 Výstřižek žádosti o připojení elektrického zařízení

5.2 Napojení přípojné stanice PS3

V odstavci 5.1 byla provedená energetická bilance pro smyčky PS3/1 a PS3/2 a tedy určení potřebného instalovaného výkonu pro jednotlivé haly. Odstavec 5.2 bude pojednávat o tom, odkud jsme schopni přípojnou stanicí PS3 napojit. Když zabrousíme trochu do ne tak daleké historie vývoje jednotlivých přípojných stanic v průmyslové zóně Hrabová, zjistíme, že každá ze 4 přípojných stanic PS1÷PS3 (přípojná stanice PS4 výhled) má trochu jiné napojení. Tato skutečnost vzniká vždy při diskusích se společností ČEZ Distribuce a.s., který v podstatě rozhoduje o jednotlivých možnostech napojení daných přípojných stanic.

Proto je nynější napojení následovné, přípojná stanice PS1 je napojena v distribuční smyčce přípojná stanice PS2 je napojena v rámci lokální distribuční sítě z rozvodny 110/22 kV a výhledová přípojná

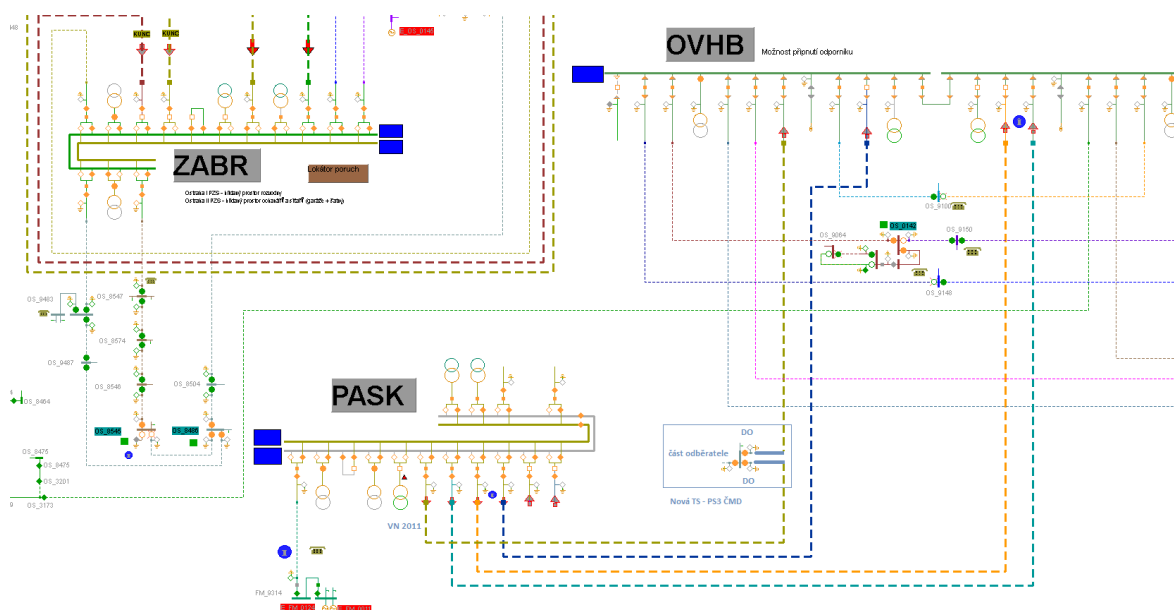
stanice PS4 je zapojena rovněž v distribuční smyčce společnosti ČEZ Distribuce a.s. ale oproti přípojně stanici PS1 je jako jediný odběratel (nemá vyvedené smyčky).

Vraťme se ale k přípojně stanici PS3. Přípojná stanice PS3 byla po dlouhých debatách a návrzích jednotlivých možností připojení, připojena na záložní propojení smyčky mezi rozvodnami 110/22 kV Hrabová - Paskov. Tato varianta napojení byla totiž z důvodu upadající těžby a provozu dolu Paskov vybrána jako nejjednodušší (existující propojení mezi rozvodnou 110/22 kV Paskov – Hrabová a výkonová rezerva v rozvodně Paskov). Přípojná stanice PS3 nemohla být primárně napájena z rozvodny 110/22 kV Hrabová z důvodu 100% zálohy a tedy chybějícího výkonu pro potřeby přípojně stanice PS3.

V rozvodně 110/22 kV Hrabová jsou osazeny dva 40 MVA transformátory. Tyto transformátory jsou provozovány na nižší výkony na dvou rozdílných přípojnicích. Tyto přípojnice jsou vzájemně propojeny proudovou spojkou s odpojovačem. V případě poruchy jednoho transformátoru musí být na druhém transformátoru taková rezerva, aby dokázal převzít plnou zátěž transformátoru, který je v poruše. V případě poruchy jednoho z transformátorů dojde tedy k propojení přípojníc a k odpojení transformátoru, který je v poruše. V dnešní situaci je rozvodna 110/22 kV Hrabová provozována na maximální výkon transformátoru a tudíž primární napájení přípojně stanice PS3 zajišťuje rozvodna 110/22 kV Paskov.

Jelikož je tedy přípojná stanice PS3 zapojena do záložní smyčky propojení rozveden Paskov – Hrabová je tedy možno v případě poruchy chvilkově (v řádech hodin) přivést záložní energii z rozvodny 110/22 kV Hrabová.

V případě poruchy v rozvodně 110/22 kV Paskov musí dojít k odpojení napájecího vedení z rozvodny 110/22 kV Paskov v přípojně stanici PS3. Po odpojení napájení z rozvodny 110/22 kV Paskov můžeme připojit záložní napájecí kabel z rozvodny 110/22 kV Hrabová, vždy tak aby bylo napájení provozováno jako paprsek napájený z jedné strany.



Obrázek 11 Schéma záložního propojení rozveden 110/22 kV Paskov - Hrabová a připojení přípojné stanice PS3

5.3 Návrh dimenze VN kabelu

V praxi se vedení dimenzuje dle dovoleného proudového zatížení kabelu, které udává výrobce v katalogovém listu daného výrobku dle typu uložení kabelu.

5.3.1 Návrh dimenze přívodního napájecího VN kabelu do přípojné stanice PS3

Proto abychom mohli zvolit správnou dimenzi kabelu, je potřeba znát proudovou hodnotu na jednu fázi. Tuto hodnotu získáme pomocí jednoduchého výpočtu.

Hodnoty pro výpočet:

Instalovaný výkon $P_i = 12,2 \text{ MW}$

Napěťová hladina $U = 22 \text{ kV}$

Účinník $\cos\varphi = 0,95$

Soudobost $\beta = 0,8$

Soudobý výkon $P_s = P_i \cdot \beta = 12,2 \cdot 10^6 \cdot 0,8 = 9,76 \text{ MW}$

Proud na fázi

$$I = \frac{P_s}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{9,76 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 22 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 270 A$$

Na základě vypočtené proudové hodnoty na jednu fázi můžeme přistoupit k výběru kabelu dle potřebných parametrů a způsobu uložení. Zároveň víme, že dle koordinační situace bude délka kabelu cca 300 m. Vybíráme tedy kabel pro napěťovou hladinu 22 kV, vhodný pro uložení do země.

Na základě vypočteného proudového zatížení jedné fáze a dle katalogového listu na obrázku 12 určíme potřebný průřez kabelu vhodný pro naši aplikaci. Víme, že kabel bude uložen v zemi v seskupení v jedné vrstvě těsně vedle sebe. V katalogovém listu na obrázku 12 nás tedy bude zajímat sloupec zatížitelnost v zemi (pravá část).

Na základě vypočteného proudového zatížení jedné fáze a typu uložení můžeme tedy vybrat kabel typu 22-AXEKVCE o průřezu 1x95/16 mm², který má dovolenou proudovou zatížitelnost pro uložení v zemi v seskupení v jedné vrstvě těsně vedle sebe 282 A. Oproti výpočtové hodnotě je dovolené proudové zatížení kabelu o 12 A větší než je potřeba, což je cca 4 % rezerva. Pro potřeby napájení přípojné stanice PS3 je tedy dostačující kabel typu 22-AXEKVCE 2 x 3 x 1 x 95/16 mm² (2 přívody, 3 fáze, 1 žíla).

Standard ČEZ Distribuce a.s. ovšem stanovuje jiný průřez kabelu. ČEZ Distribuce a.s. preferuje kabel typu 22-AXEKVCE o průřezu jedné žíly 1 x 240/25 mm². V katalogovém listu na obrázku 12 ve sloupci zatížitelnost v zemi (pravá část) vidíme u kabelu 1 x 240/25 mm² dovolené proudové zatížení o hodnotě 455A. Oproti výpočtové hodnotě je dovolené proudové zatížení kabelu o 185A větší než je potřeba, což je cca 41% rezerva. Přívod pro napájení přípojné stanice PS3 bude tedy dle standardu ČEZ Distribuce a.s. proveden kabelem typu 22-AXEKVCE 2 x 3 x 1 x 240/25 mm² (2 přívody, 3 fáze, 1 žíla).

5.3.2 Návrh dimenze kabelu pro smyčky PS3/1 a PS3/2

Vraťme se ke kapitole 5.1, ve které bylo popsáno výkonové rozdělení pro smyčku PS3/1 a PS3/2, dle situačního uspořádání napájených hal. Víme tedy, že smyčka PS3/1 musí být dimenzována pro přenášený výkon 8 MW a smyčka PS3/2 pro výkon 4,2 MW. Vypůjčíme-li si vzorec z kapitoly 5.3.1 pro výpočet proudu na fázi a dosadíme do něj hodnoty výkonů pro smyčky PS3/1 a PS3/2 dostaneme proudové hodnoty pro smyčku PS3/1 159 A a pro smyčku PS3/2 84 A.

Dle popisu návrhu dimenze kabelu v kapitole 5.3.1 a obrázku 12 vybereme kabel příslušných parametrů pro přenos požadovaného výkonu.

U tohoto návrhu je ovšem nutné si uvědomit že je potřeba myslet trošku do budoucna a navrhnout kabel s určitou rezervou pro možnost rozšíření o další haly a objekty, které jsou součástí určitého

výhledu rozvoje průmyslové zóny Hrabová. Bylo by tedy neprofesionální omezit možnost přenášeného výkonu špatným návrhem dimenze kabelu dle aktuálně známého stavu výstavby a vývoje průmyslové zóny Hrabová. Smyčky PS3/1 a PS3/2 budou tedy dimenzovány na plný výkon přípojné stanice PS3 a to na výkon 12,2 MW.

Jak již víme z kapitoly 5.3.1, jsou stanoveny určité standardy společnosti ČEZ Distribuce a.s. pro dimenzi VN kabelu. Tyto standardy byly respektovány i pro dimenzi smyček PS3/1 a PS3/2 a proto budou smyčky provedeny kabely typu 22-AXEKVCE 2 x 3 x 1 x 240/25 mm².

5.3.3 Ekonomické srovnání nákladů

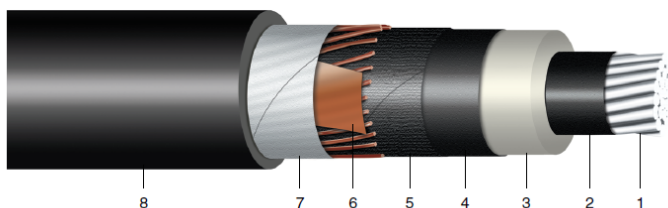
Pokud by bylo přívodní napájení přípojné stanice PS3 provedeno kabelem typu 22-AXEKVCE 1x95/16 mm², kdy 1m tohoto kabelu stojí řádově 273 Kč, oproti tomu kabel typu 22-AXEKVCE 1x240/25 mm² stojí 415 Kč za 1m jeho délky. Počítejme tedy, že máme dva přívody a tři fáze v každém přívodu což znamená, že máme celkově 6 jednožilových kabelů o délce cca 300 m.

Pokud by tedy bylo přívodní napájení provedeno kabelem typu 22-AXEKVCE 1x95/16 mm² stál by kabel 491 400 Kč + práce na výkopu a položení kabelu, naopak provedeme-li toto napájení kabelem 22-AXEKVCE 1x240/25 mm² bude nás to stát 747 000 Kč + práce na výkopu a položení kabelu, celková cena bude tedy o cca 34 % větší.

22-AXEKVCE

Silové kabely s izolací ze zesíťného polyetylénu / Power Cables with XLPE Insulation

Odolnost proti podélnému šíření vlhkosti
/ Lengthwise Water-Blocking System



Konstrukce:

1. Hliníkové jádro
2. Vnitřní polovodičivá vrstva
3. Izolace ze zesíťného polyetylénu
4. Vnější polovodičivá vrstva
5. Polovod. vodoblok. páska
6. Stínění měděnými dráty s protispirálou z měděné pásky
7. Vodoblokující páska
8. Vnější plášť polyetylen

Construction:

1. Circular compacted Al-conductor
2. Inner semiconducting layer
3. XLPE insulation
4. Outer semiconducting layer
5. Semiconducting water-blocking tape
6. Cu wire screen and Cu tape counterhelix
7. Water-blocking tape
8. PE sheath

Počet a průřez žil (mm ²)	Tvar jádra	Průměr inf. (mm)	Hmotnost inf. (kg/km)	Poloměr ohybu (mm)	Činný odpor (Ω/km)	Ekvivalentní zkrat. proud (kA)	Časová oteplovací konst. (sec)	Zatížitelnost na vzduchu (A)	Zatížitelnost v zemi (A)	Kapacita (μF/km)	Indukčnost (mH/km)	Obsah Cu/Al (kg/km)
No. of cores (mm ²)	Shape of the conductor	Diameter appr. (mm)	Cable mass appr. (kg/km)	Radius of bend (mm)	Effect. resist. of conductors (Ω/km)	Short circuit current-equiv. (kA)	Time heating constant (sec)	Current carrying cap. in air (A)	Current carrying cap. in ground (A)	Capacity (μF/km)	Inductivity (mH/km)	Content Cu/Al (kg/km)
1x50/16	RMV	32	835	472	0,641	4,70 3,20	291 207	185 219	172 195	0,170	0,460 0,620 0,730	157 / 150
1x70/16	RMV	33	865	525	0,443	6,58 3,20	365 261	231 273	210 237	0,190	0,440 0,600 0,690	157 / 210
1x95/16	RMV	34	1 060	540	0,320	8,93 3,20	458 326	280 332	251 282	0,210	0,410 0,580 0,670	157 / 285
1x120/16	RMV	35	1 180	570	0,253	11,30 3,20	549 388	323 384	285 319	0,230	0,400 0,560 0,640	157 / 360
1x150/25	RMV	37	1 380	585	0,206	14,10 5,00	668 479	366 432	319 352	0,250	0,390 0,550 0,620	245 / 450
1x185/25	RMV	39	1 530	615	0,164	17,40 5,00	772 558	420 494	361 396	0,270	0,370 0,530 0,600	245 / 555
1x240/25	RMV	41	1 630	660	0,125	22,60 5,00	931 679	496 581	417 455	0,300	0,360 0,520 0,580	245 / 720
1x300/25	RMV	44	1 960	660	0,100	28,20 5,00	1 106 814	569 663	471 510	0,320	0,350 0,510 0,560	245 / 900
1x400/35	RMV	48	2 370	712	0,078	37,60 7,00	1 461 1 122	660 753	535 564	0,360	0,330 0,490 0,540	343 / 1 200
1x500/35	RMV	50	2 750	750	0,060	47,00 7,00	1 694 1 326	766 866	609 634	0,400	0,320 0,480 0,520	343 / 1 500

Obrázek 12 Katalogový list VN přívodního kabelu do přípojné stanice PS3

5.4 Ochranná pásma a prostorové uspořádání sítí

5.4.1 Ochranná pásma

Ochranným pásmem se dle zákona č. 458/2006 Sb. §46 rozumí pásmo zařízení elektrizační soustavy a prostor v bezprostřední blízkosti tohoto zařízení, určený k zajištění jeho spolehlivého provozu a k ochraně života, zdraví a majetku osob. Ochranné pásmo vzniká dnem nabytí právní moci územního rozhodnutí o umístění stavby, nabytí účinnosti veřejnoprávní smlouvy územní rozhodnutí nahrazující nebo právními účinky územního souhlasu s umístěním stavby, pokud není podle stavebního zákona vyžadován ani jeden z těchto dokladů, potom dnem uvedení zařízení elektrizační soustavy do provozu.

Ochrannými pásmy jsou chráněna nadzemní vedení, podzemní vedení, elektrické stanice, výrobní elektřiny a vedení měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky.

Ochranné pásmo nadzemního vedení je souvislý prostor vymezený svislými rovinami vedenými po obou stranách vedení ve vodorovné vzdálenosti měřené kolmo na vedení, která činí od krajního vodiče vedení na obě jeho strany

a) pro napětí nad 1 kV a do 35 kV včetně

- | | |
|----------------------------------|------|
| 1. pro vodiče bez izolace | 7 m, |
| 2. pro vodiče s izolací základní | 2 m, |
| 3. pro závěsná kabelová vedení | 1 m, |

b) pro napětí nad 35 kV do 110 kV včetně

- | | |
|----------------------------------|-------|
| 1. pro vodiče bez izolace | 12 m, |
| 2. pro vodiče s izolací základní | 5 m, |

c) pro napětí nad 110 kV do 220 kV včetně

15 m,

d) pro napětí nad 220 kV do 400 kV včetně

20 m,

e) pro napětí nad 400 kV

30 m,

f) u závěsného kabelového vedení 110 kV

2 m,

g) u zařízení vlastní telekomunikační sítě držitele licence

1 m.

Ochranné pásmo podzemního vedení elektrizační soustavy do napětí 110 kV včetně a vedení řídicí a zabezpečovací techniky činí 1 m po obou stranách krajního kabelu; u podzemního vedení o napětí nad 110 kV činí 3 m po obou stranách krajního kabelu.

Ochranné pásmo elektrické stanice je vymezeno svislými rovinami vedenými ve vodorovné vzdálenosti

Pro venkovní elektrické stanice a dále stanice s napětím větším než 52 kV v budovách 20 m vně od oplocení nebo v případě, že stanice není oplocena, 20 m nebo od vnějšího líce obvodového zdiva,

U stožárových elektrických stanic a věžových stanic s venkovním přívodem s převodem napětí z úrovně nad 1 kV a menší než 52 kV na úroveň nízkého napětí 7 m od vnější hrany půdorysu stanice ve všech směrech,

U kompaktních a zděných elektrických stanic s převodem napětí z úrovně nad 1 kV a menší než 52 kV na úroveň nízkého napětí 2 m od vnějšího pláště stanice ve všech směrech,

U vestavěných elektrických stanic 1 m vně od obestavění.

Ochranné pásmo výroby elektřiny je souvislý prostor vymezený svislými rovinami vedenými v kolmé vzdálenosti:

a) 20 m vně oplocení, nebo v případě, že výrobní elektřiny není oplocena, 20 m od vnějšího líce obvodového zdiva výroby elektřiny připojené k přenosové soustavě, nebo distribuční soustavě s napětím větším než 52 kV,

b) 7 m vně oplocení, nebo v případě, že výrobní elektřiny není oplocena, 7 m od vnějšího líce obvodového zdiva výrobní elektřiny připojené k distribuční soustavě s napětím nad 1 kV do 52 kV včetně,

c) 1 m vně oplocení výrobní elektřiny s instalovaným výkonem nad 10 kW a připojené k distribuční soustavě s napětím do 1 kV včetně,

d) v případě, že výrobní elektřiny není oplocena, 1 m od vnějšího líce obvodového zdiva, nebo od obalové křivky vedené vnějšími líci krajních komponentů výrobní elektřiny s instalovaným výkonem nad 10 kW a připojené k distribuční soustavě s napětím do 1 kV včetně,

e) 1 m od vnějšího líce obvodového zdiva budovy, na které je výrobní elektřiny umístěna, u výroben elektřiny připojených k distribuční soustavě s napětím do 1 kV včetně s instalovaným výkonem nad 10 kW.

Pro výrobní elektřiny připojenou k distribuční soustavě s napětím do 1 kV včetně s instalovaným výkonem do 10 kW včetně se ochranné pásmo nestanovuje.

V ochranném pásmu nadzemního a podzemního vedení, výrobní elektřiny a elektrické stanice je zakázáno:

a) zřizovat bez souhlasu vlastníka těchto zařízení stavby či umisťovat konstrukce a jiná podobná zařízení, jakož i uskladňovat hořlavé a výbušné látky,

b) provádět bez souhlasu jeho vlastníka zemní práce,

c) provádět činnosti, které by mohly ohrozit spolehlivost a bezpečnost provozu těchto zařízení nebo ohrozit život, zdraví či majetek osob,

d) provádět činnosti, které by znemožňovaly nebo podstatně znesnadňovaly přístup k těmto zařízením.

V ochranném pásmu nadzemního vedení je zakázáno vysazovat chmelnice a nechávat růst porosty nad výšku 3 m.

V ochranném pásmu podzemního vedení je zakázáno vysazovat trvalé porosty a přejíždět vedení mechanizmy o celkové hmotnosti nad 6 t.

Pokud to technické a bezpečnostní podmínky umožňují a nedojde-li k ohrožení života, zdraví, bezpečnosti nebo majetku osob, vlastník příslušné části elektrizační soustavy:

a) stanoví písemně podmínky pro realizaci veřejně prospěšné stavby, pokud stavebník prokáže nezbytnost jejího umístění v ochranném pásmu,

b) udělí písemný souhlas se stavbou neuvedenou v písmenu a) nebo s činností v ochranném pásmu, který musí obsahovat podmínky, za kterých byl udělen.

V ochranném pásmu i mimo ně je každý povinen zdržet se jednání, kterým by mohl poškodit elektrizační soustavu nebo omezit nebo ohrozit její bezpečný a spolehlivý provoz a veškeré činnosti musí být prováděny činnosti tak, aby nedošlo k poškození energetických zařízení.

Fyzické či právnické osoby zřizující zařízení napájená stejnosměrným proudem v bezprostřední blízkosti ochranného pásma s možností vzniku bludných proudů poškozujících podzemní vedení jsou povinny tyto skutečnosti oznámit provozovateli přenosové soustavy nebo příslušnému provozovateli distribuční soustavy a provést opatření k jejich omezení.

Vzdálenost mezi nejbližším vodičem nadzemního vedení o napětí vyšším než 52 kV a koncem listu rotoru větrné elektrárny v nejbližší vzdálenosti od vedení musí být v případě, že

- a) na vedení není realizováno opatření proti kmitání vodičů nejméně trojnásobkem průměru rotoru,
- b) na vedení je realizováno opatření proti kmitání vodičů nejméně rovnající se průměru rotoru nebo výšce větrné elektrárny.

Vzdálenost mezi oplocením elektrické stanice o napětí vyšším než 52 kV a koncem listu rotoru větrné elektrárny v nejbližší vzdálenosti od vedení za bezvětrí musí být minimálně rovna výšce větrné elektrárny.

Ochranné pásmo zařízení elektrizační soustavy zaniká trvalým odstraněním stavby na základě příslušného souhlasu nebo povolení v souladu se stavebním zákonem.

5.4.2 Prostorové uspořádání sítí

Prostorové uspořádání sítí technického vybavení je definované normou ČSN 73 6005. Norma ČSN 73 6005 pojednává o koordinaci prostorového uspořádání sítí technického vybavení v etapě územního plánování a projektování těchto sítí v zastavěných a nezastavěných územích v hranicích měst a obcí. Stanovuje zásady pro uspořádání sítí uložených ve veřejných plochách, v prostoru místních komunikací a v průtahu silnic. Norma ovšem neřeší uspořádání sítí technického vybavení vzhledem k drahám, vodním tokům, v oblastech se seismicitou nad 6° a ve svážlivém území.

Všechny sítě technického vybavení sloužící veřejným zájmům a jsou rovnocenné. Trasy sítí technického vybavení mají být pokud možno přímé a co nejkratší. Křížení sítí navzájem a s komunikacemi má být pokud možno kolmé a jejich počet co nejmenší.

Žádné technologické, obslužné, evidenční a jiné zařízení a objekt nemá zasahovat do zájmového pásma vyhrazeného jiné síti technického vybavení. V nezbytných případech je zásah do vyhrazeného zájmového pásma možný jen po dohodě se správcem vedení, jehož pásmo má být využito jinak. Umístění staveb a podzemních objektů, které nejsou součástí sítí technického vybavení, v prostoru obvykle vyhrazeném pro podzemní sítě je nutno projednat také se správcí těchto zájmových pásem.

K šachtám na sítích, zejména k šachtám na stokách, kabelovodech, technických kanálech a kolektorech, situovaných v nepevných částech dopravního, přidruženého a volného prostoru, které jsou nezbytné pro provoz nebo údržbu vykonávanou mechanizovanými prostředky, musí být umožněn příjezd těžkých vozidel.

Sítě technického vybavení mají být navrženy tak aby:

- Všechny práce při zřizování, opravách, údržbě a rekonstrukcích byly snadno proveditelné
- Zásahy do prostoru komunikací a ve volném prostoru byly co nejmenší
- Svou polohou nesmí sítě technického vybavení bránit opravám a modernizaci komunikací, ztěžovat provádění jejich údržby a zhoršovat podmínky bezpečného a plynulého silničního provozu
- Narušení dopravního provozu na komunikacích, na které jsou nebo budou vedení vázána směrově nebo křížením, bylo z hlediska průjezdnosti prostorově i časově minimálně a to při zřizování, opravách, údržbě a rekonstrukcích sítí (řešení bez narušení provozu komunikace mají přednost).

K ochraně podzemních sítí před mechanickým poškozením a ke snížení jiných nežádoucích ovlivnění jednotlivých sítí navzájem, musí být při souběhu a křížení mezi potrubím, stokami, kabely a ochrannými konstrukcemi dodrženy nejmenší dovolené vodorovné a svislé vzdálenosti viz tab.: 2, 3 a 4.

Tabulka 2 Nejmenší dovolené vodorovné vzdálenosti při souběhu podzemních sítí v[m]

Druh sítí		Silové kabely do				Sdělovací kabely	Plynovodní potrubí ²⁾		Vodovodní sítě a přípojky	Tepelné sítě	Kabelovody	Stokové sítě a kanalizační přípojky	Potrubní pošta	Kolektor	Koleje tramvajové dráhy
		1 kV	10 kV	35 kV	220 kV		do 0,005 MPa	do 0,3 MPa							
		1	2	3	4		6	7							
silové kabely do	1 kV	0,05 ¹³⁾	0,15	0,20	0,20	0,30 ¹⁾ 0,10 ⁴⁾	0,40	0,60	0,40	0,30	0,10	0,50	0,50	⁵⁾	1,00
	10 kV	0,15	0,15	0,20	0,20	0,80 ¹⁾ 0,30 ⁴⁾	0,40	0,60	0,40	0,70	0,30	0,50	0,50	⁵⁾	1,00
	35 kV	0,20	0,20	0,20	0,20	0,80 ¹⁾ 0,30 ⁴⁾	0,40	0,60	0,40	1,00	0,30	0,50	0,50	⁵⁾	1,00
	220 kV	0,20	0,20	0,20	0,50 ⁶⁾	0,80 ¹⁾ ⁸⁾	0,40	0,60 ⁹⁾	0,40	2,00 ⁴⁾	0,50	1,00	0,50 ⁸⁾	⁵⁾	1,00
sdělovací kabely		0,30 ¹⁾ 0,10 ⁴⁾	0,80 ¹⁾ 0,30 ⁴⁾	0,80 ¹⁾ 0,30 ⁴⁾	0,80 ¹⁾ ⁸⁾	¹⁰⁾	0,40	0,40	0,40	0,80 ¹¹⁾	0,30	0,50	0,20	0,30	1,00
plynovodní potrubí ²⁾	do 0,005 MPa	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50 ¹²⁾	0,50	0,40	1,00 ¹²⁾	0,40	0,40	1,20
	do 0,3 MPa	0,60	0,60	0,60	0,60 ⁹⁾	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50	1,00	1,00	0,40	1,00	1,20
vodovodní sítě a přípojky		0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50 ¹²⁾	0,50	0,60	1,00 ¹³⁾	0,60	0,60	0,50	0,60	1,20
tepelné sítě		0,30	0,70	1,00	2,00 ⁴⁾	0,80 ¹¹⁾	0,50	0,50	1,00 ¹³⁾		0,30	0,30	0,30	0,30	1,20
kabelovody		0,10	0,30	0,30	0,50	0,30	0,40	1,00	0,60	0,30		0,30	0,20	0,30	1,20
stokové sítě a kanalizační přípojky		0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00 ¹²⁾	1,00	0,60	0,30	0,30		0,30	0,30 ¹⁴⁾	1,20
potrubní pošta		0,50	0,50	0,50	0,50 ⁶⁾	0,20	0,40	0,40	0,50	0,30	0,20	0,30		0,30	1,20
kolektor		⁵⁾	⁵⁾	⁵⁾	⁵⁾	0,30	0,40	1,00	0,60	0,30	0,30	0,30 ¹⁴⁾	0,30		1,20
koleje tramvajové dráhy		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	

Tabulka 3 Nejmenší dovolené svislé vzdálenosti při souběhu podzemních sítí v[m]

Druh sítí		Silové kabely do				Sdělovací kabely	Plynovodní potrubí ²⁾		Vodovodní sítě a přípojky	Tepelné sítě ¹⁾	Kabelovody	Stokové sítě a kanalizační přípojky	Potrubní pošta	Kolektor	Koleje tramvajové dráhy
		1 kV	10 kV	35 kV	220 kV		do 0,005 MPa	do 0,3 MPa							
		1	2	3	4		6	7							
silové kabely do	1 kV	0,05	0,15	0,20	0,20	0,30 ⁴⁾ 0,10 ⁵⁾	0,10 ⁶⁾	0,10 ⁶⁾	0,40 ²⁾ 0,20 ³⁾	0,30 ⁷⁾	0,30	0,30	0,30	*)	1,00
	10 kV	0,15	0,15	0,20	0,20	0,80 ⁴⁾ 0,10 ⁵⁾	0,10 ⁶⁾	0,20 ⁶⁾	0,40 ²⁾ 0,20 ³⁾	0,50 ⁷⁾	0,30	0,30	0,30	*)	1,00
	35 kV	0,20	0,15	0,20	0,25 ⁹⁾	0,80 ⁴⁾ 0,10 ⁵⁾	0,10 ⁶⁾	0,20 ⁶⁾	0,40 ²⁾ 0,20 ³⁾	0,50 ⁷⁾	0,30	0,50	0,30	*)	1,00
	220 kV	0,20	0,20	0,25 ⁹⁾	0,25	0,80 ¹⁰⁾ 11) 12)	0,30 ¹³⁾	0,70 ¹³⁾	0,40	1,00	0,30	0,50	0,30 ¹⁰⁾ 12)	*)	1,30
sdělovací kabely		0,30 ⁴⁾ 0,10 ⁵⁾	0,80 ⁴⁾ 0,30 ⁵⁾	0,80 ⁴⁾ 0,30 ⁵⁾	0,50 ¹⁰⁾ 11) 12)	14)	0,10	0,10	0,20	0,50 ⁴⁾ 0,15 ⁵⁾	0,10	0,20	0,20	0,10	1,00 ⁹⁾
plynovodní potrubí ²⁾	do 0,005 MPa	0,10 ⁶⁾ 0,10 ⁶⁾	0,10 ⁶⁾ 0,20 ⁶⁾	0,10 ⁶⁾ 0,20 ⁶⁾	0,30 ¹³⁾ 0,70 ¹³⁾	0,10 0,10	0,10 0,10	0,10 0,10	0,15 0,15	0,10 ¹⁵⁾ 0,10 ¹⁵⁾	0,10 ¹⁵⁾ 0,10 ¹⁵⁾	0,50 ¹⁶⁾ 0,50 ¹⁶⁾	0,10 0,10	0,10 ¹⁵⁾ 0,10 ¹⁵⁾	1,00 1,00
	do 0,3 MPa														
vodovodní sítě a přípojky		0,40 ⁴⁾ 0,20 ⁵⁾	0,40 ⁴⁾ 0,20 ⁵⁾	0,40 ⁴⁾ 0,20 ⁵⁾	0,40	0,20	0,15	0,15		0,20 ¹⁷⁾	0,20 ¹⁷⁾	0,10	0,20	0,20 ¹⁷⁾	1,50
tepelné sítě ¹⁾		0,30 ⁷⁾	0,50 ⁷⁾	0,50 ⁷⁾	1,00	0,50 ⁴⁾ 0,15 ⁵⁾	0,10 ¹⁵⁾	0,10	0,20 ¹⁷⁾		0,15	0,10	0,20	0,20	1,00
kabelovody		0,10	0,30	0,30	0,30	0,10	0,10 ¹⁵⁾	0,10	0,20 ¹⁷⁾	0,15		0,10	0,20	0,20	1,00
stokové sítě a kanalizační přípojky		0,30	0,30	0,50	0,50	0,20	0,50 ¹⁶⁾	0,50	0,10	0,10	0,10		0,30	0,10	
potrubní pošta		0,30	0,30	0,30	0,30 ¹⁰⁾ 12)	0,20	0,10	0,10	0,30	0,20	0,20	0,30		0,20	1,00
kolektor		*)	*)	*)	*)	0,10	0,10 ¹⁵⁾	0,10	0,20 ¹⁷⁾	0,20	0,20	0,10	0,20		1,00
koleje tramvajové dráhy		1,00	1,00	1,00	1,30	1,00 ⁹⁾	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00		1,00	1,00	

Tabulka 4 Nejmenší dovolené krytí podzemních sítí

Druh sítí	Nejmenší krytí v m ¹)		
	Chodník ²⁾	Vozovka ³⁾	Volný terén ⁴⁾
Silové kabely do 1 kV	0,35	1,00	0,35/0,70 ⁵⁾
do 10 kV	0,50 ⁶⁾	1,00	0,70
do 35 kV	1,00	1,00	1,00
do 220 kV	1,30	1,30	1,30
Sdělovací kabely			
– místní	0,40	0,90 ⁷⁾	0,60
– dálkové	0,50	0,90 ⁷⁾	0,60/0,90 ⁸⁾
– optické – místní	0,40 ⁹⁾	0,90 ¹⁰⁾	0,60
– dálkové	0,50	1,20	1,00
Plynovodní potrubí	0,80 ¹¹⁾	1,00 ¹⁵⁾	0,80 ¹¹⁾
Vodovodní síť	1,00 až 1,60 ¹²⁾	1,50	1,00 až 1,60 ¹²⁾
Tepelné síť	0,50	1,00 ¹³⁾	0,50
Kabelovody	0,60 ¹⁴⁾	1,00	0,60
Stokové síť a kanalizační přípojky	1,00	Podle místních podmínek – doporučuje se min 1,80 1,00	
Potrubní pošta	0,70	1,00	0,70
Kolektor	0,50	1,00 ¹³⁾	0,50

5.5 Uložení VN kabelu do země

Kabely lze klást na rovný podklad, kabelové lávky, rošty, stěny, konstrukce, pod omítku, do kabelových kanálů, kolektorů, do trub, do země apod. Přitom je nutno dbát, aby prostředí, v němž jsou kabely uloženy, nepůsobilo nepříznivě na kabel.

Kabely ukládané do země musí být uloženy v hloubkách nejméně dle tab.: 5, zároveň musí uložení kabelu do země respektovat ochranná pásma vzhledem k trasám sítí technického vybavení dle ČSN 73 6005.

Tabulka 5 Hloubka uložení kabelu

Napětí kV	Hloubka H mm		
	Terén	chodník	Vozovka, krajnice vozovky
Do 1*	700	350	1000
Nad 1 až 10	700	500	1000
Nad 10 až 35	1000	1000	1000
Nad 35 až 110	1300	1300	1300
Sdělovací řídicí a zvláštní obvody	obvykle ve stejné hloubce jako kabel silový		

5.5.1 Kabely ve výkopu

Do výkopu se kabely kladou na vrstvu jemnozrnného písku o tloušťce nejméně 80 mm. Po položení se kabely zasypou pískovou vrstvou stejné tloušťky. Tato tloušťka se měří od obvodu (povrchu) kabelu. Kabely do 1 kV v trasách, kde nemohou být mechanicky poškozeny (např. pojížděním těžšími vozidly apod.), se mohou klást do země bez mechanické ochrany.

Kabely vn se musí pokrýt krycími deskami betonovými, plastovými apod. Toto krytí musí překrývat kabel, popř. více vedle sebe položených kabelů, nejméně o 40 mm od krajního vodiče. To samé platí pro ukládání sdělovacích kabelů pro dispečerské řízení. Ve všech případech uložení kabelového vedení do 35 kV, včetně uložení do ochranných konstrukcí, má být nad kabelovým vedením položena výstražná fólie s přesahem minimálně 40 mm od krajního kabelu. Kabely se nesmí klást do země v půdách obsahujících soli a kyseliny, v půdách s hnojícími látkami a v některých půdách písčitých nebo kamenitých. V takových případech se doporučuje kabely uložit do kanálů, tunelů, trub, nebo jinak vhodně chránit před mechanickým a chemickým působením, popřípadě použít kabelů odolávajících vlivům tohoto prostředí. Výkop se nesmí zasypat popelem nebo podobným materiálem.

5.5.2 Výstražná fólie

Výstražná fólie může být nahrazena mechanickou ochranou z PVC desek položenou na pískovém loži. Provedení a způsob položení fólie v trase je v ČSN 73 6006. Mechanické vlastnosti a odolnost výstražné fólie má vyhovovat podmínkám ČSN EN 12 613. Šířka výstražné fólie má být s přesahem a obě strany od krajního vodiče minimálně 40 mm. Výstražná fólie se pokládá nejméně 200 mm nad chráněným vedením technického vybavení. Nejmenší hloubka uložení výstražné fólie pod povrchem terénu je 200 mm a v případě mělkého uložení NN kabelů v chodníku pouze 150 mm.

5.5.3 Označování kabelů v trase

V průběhu trasy uložení se doporučuje opatřit VN kabely (v kanálech, na lávkách apod.) trvanlivým označením ve vhodných vzdálenostech (asi 20 m); musí se však vždy označit v místech, kde se kabely křížují a odbočují, a na obou koncích. Na ně se vyznačí měsíc a rok montáže, napětí a druh kabelu a směry kabelu (název vedení, elektrické stanice ve zkratkách). Při uložení v zemi se doporučuje označovat v zastavěném území ve vzdálenostech cca 3,0 m.

5.5.4 Jedno a vícekomorové ochranné konstrukce, kabelovody

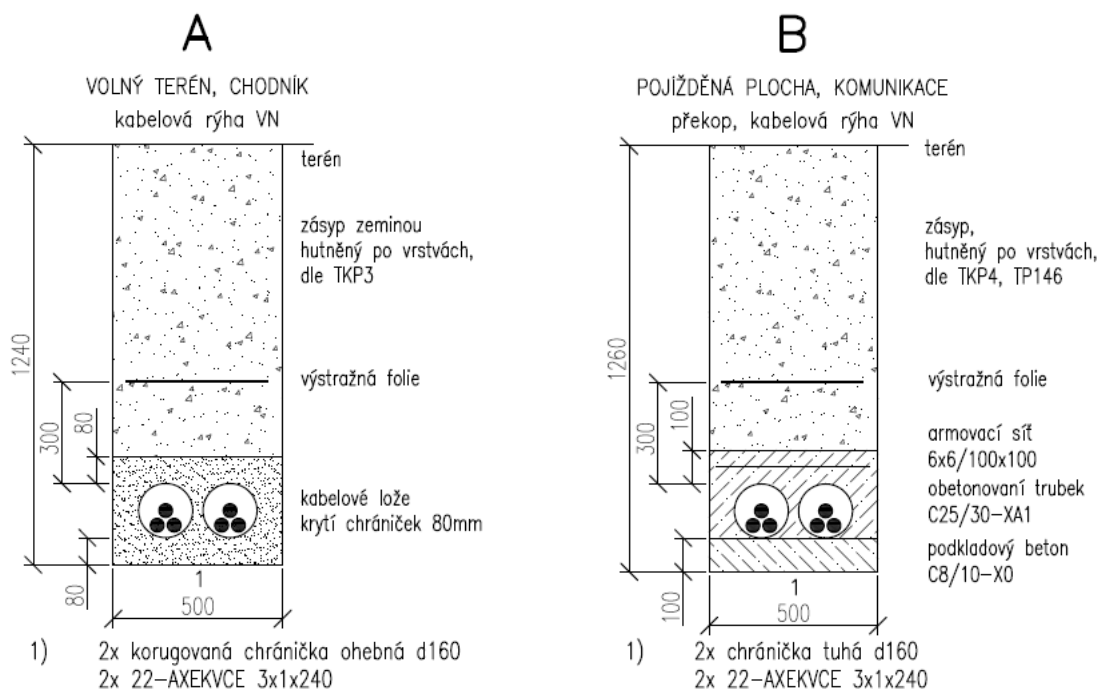
Přehled možných ochranných konstrukcí

- žlaby betonové žlaby plastové
- plastové ochranné roury
- pevné plastové ochranné roury
- ohebné vícekomorové ochranné konstrukce

Jedno a vícekomorové ochranné konstrukce uvažujeme v případech předpokládaného zvýšeného mechanického namáhání v kabelové trase. Hloubka uložení dle Tab.:5 může být v případě potřeby snížena po zvážení situace. Pro uložení kabelů lze použít kabelovodů sestavených z jednotlivých ochranných prvků (betonových, plastových, apod.) v úsecích, jejichž délka zaručuje bezpečné protažení kabelů bez poškození. V případě velmi dlouhých kabelových délek, mohou být v trase kabelovodů zabudovány kabelové (přístupové) komory, které umožní zatažení kabelů v jejich plných délkách, bez nutnosti spojování kratších kabelových délek. Při ukládání kabelů NN a VN do kabelovodů je nutné dodržovat zásadu, že každý prvek ochranné konstrukce lze použít pouze pro jednu napěťovou hladinu těchto kabelů. Do jedné komory (otvoru) ochranné konstrukce se ukládá pouze jeden samostatný proudový obvod.

5.5.5 Příprava dna výkopu před pokládkou ochranných konstrukcí

Ochranné konstrukce musí být instalovány na rovném, pevném a stabilním základu. Jakékoli nerovnosti na dně výkopu musí být zarovnaný volně loženým granulovaným materiálem a následným zpevněním. Pro zajištění rovnoměrného rozložení zatížení musí vyrovnávací vrstva obsahovat 50 až 80 mm nekompaktní poddajné výplně z granulovaného materiálu různé zrnitosti. Tato vrstva musí být bez kamenů a jiných pevných částic větších než 20 mm, aby se zabránilo případnému bodovému zatížení. Pro zajištění požadované kvality podkladu výkopu je vhodné konečné ruční zarovnání jeho dna.



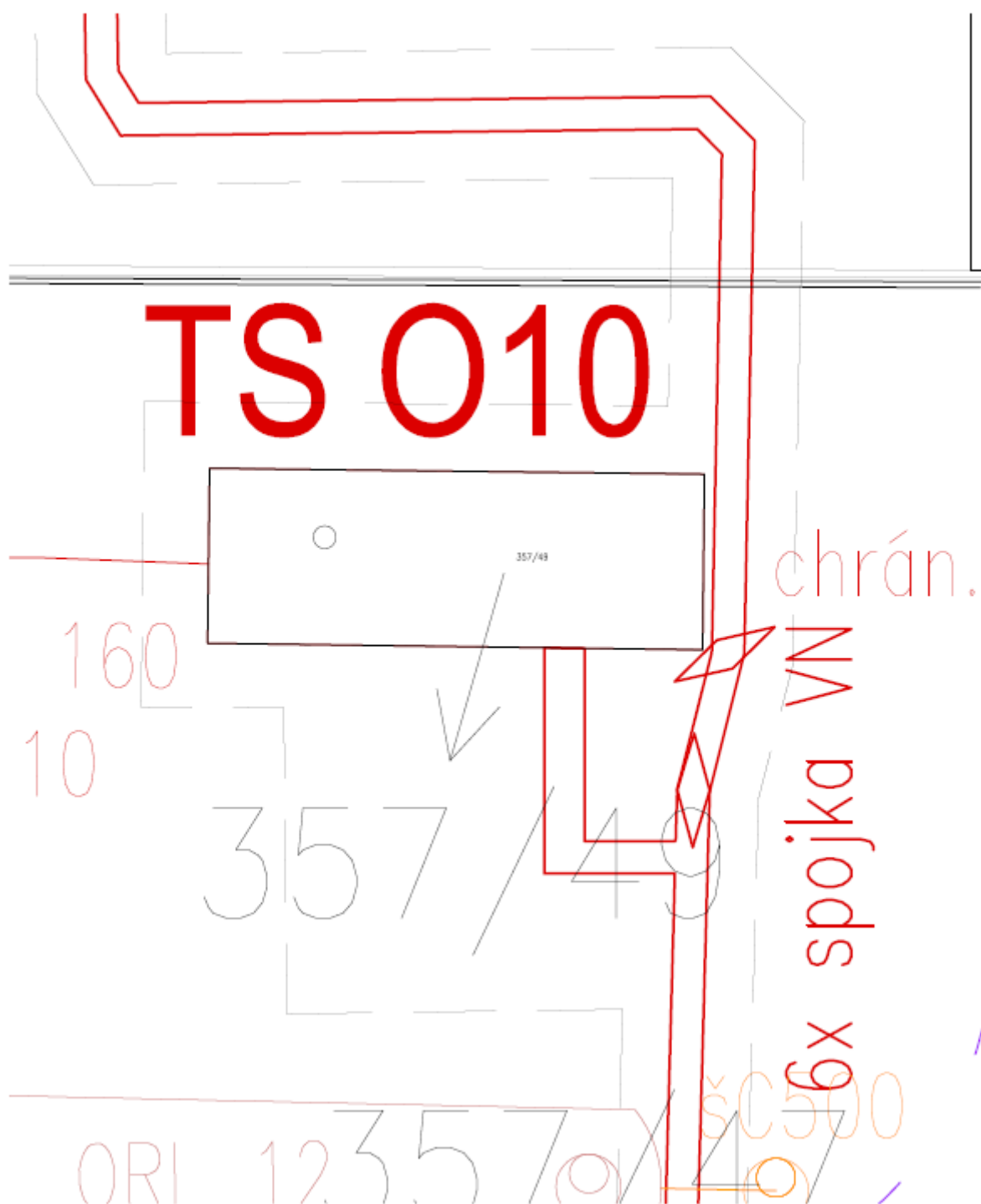
Obrázek 13 Vzorové řezy pro uložení VN kabelu v průmyslové zóně Hrabová

5.6 Napojení podružných trafostanic 22/0,4 kV

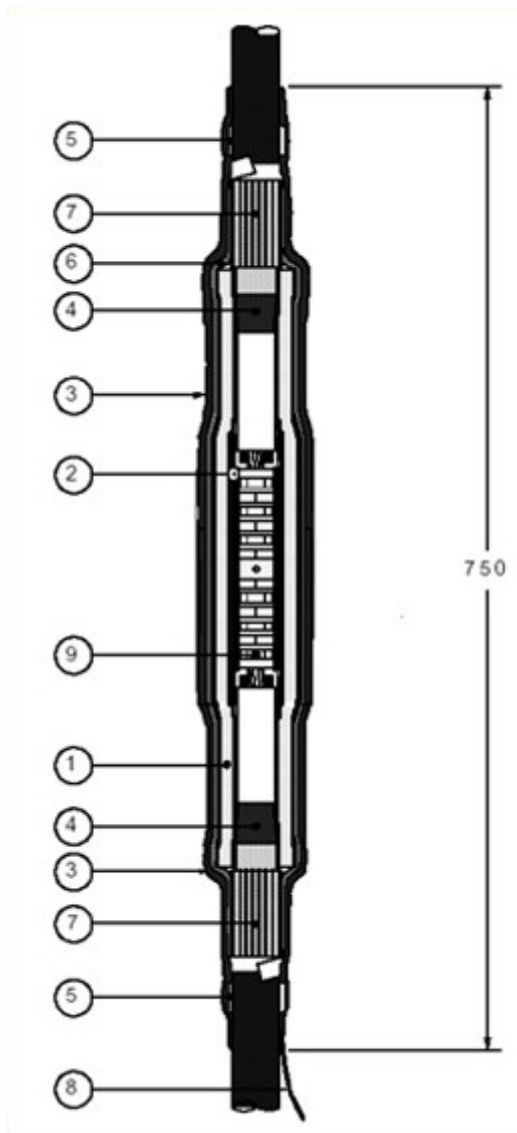
Problematika napojení podružných trafostanic 22/0,4 kV byla při návrhu lokální distribuční sítě v průmyslové zóně Hrabová řešena z koncepčního hlediska dle odborných znalostí a zkušeností projektanta. Při návrhu lokální distribuční sítě nebyly známy dispoziční rozložení jednotlivých hal, a tudíž nebylo možno přesně stanovit, kde budou podružné trafostanice 22/0,4 kV umístěny. Následné napojení podružných trafostanic 22/0,4 kV je tedy řešeno až ve chvíli kdy lokální distribuční síť je zrealizována.

Napojení podružných trafostanic 22/0,4 kV je tedy realizována dvěma možnými způsoby a to buď ponecháním kabelové rezervy což jsou případy, kdy známe přesné umístění podružného trafostanic (výjimečné stavy) anebo následným spojením a prodloužením VN kabelu dle potřeby pomocí VN kabelových spojek.

Pomocí VN kabelových spojek bude realizovaná přípojka například pro trafostanici TSO10 viz obr.:14, zároveň obr.:15 znázorňuje konstrukce VN spojek.



Obrázek 14 Provedení připojení trafostanice pomocí VN kabelových spojek



Obrázek 15 Konstrukce samosmršťovací spojky

Základní popis částí VN spojky:

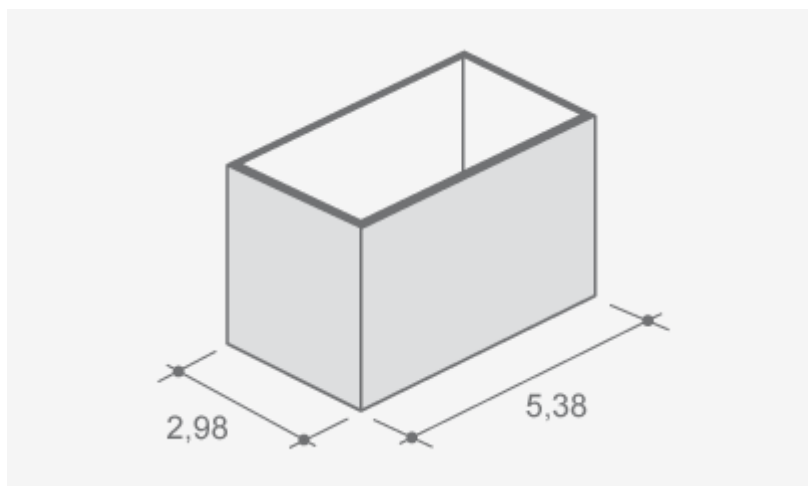
1. Třívrstvé tělo spojky z EPDM hmoty
2. Dvouvrstvý plát s polovodivou vrstvou a vrstvou Hi-K mastiku (materiál s vysokou permitivitou)
3. Vnější ochranný plášť z EPDM hmoty
4. Hi-K mastikové pásy
5. Těsnící mastikové pásy
6. Měděná punčocha pro propojení stínění spojovaných kabelů
7. Samolepící poměděná páska
8. Identifikační štítek
9. Spojovač

6 NÁVRH PŘÍPOJNÉ STANICE PRO VYBRANÉ OBJEKTY PRŮMYSLOVÝCH HAL

Objekt přípojný stanice PS3 je navržen na základě zpracované Energetické studie dalšího rozvoje průmyslové zóny Hrabová a konzultace s provozovatelem distribuční soustavy – ČEZ Distribuce, a.s. V objektu přípojný stanice PS3 bude umístěno fakturační měření spotřeby elektrické energie vůči přípojný distribuční síti. Kabelové vedení VN za přípojnou stanicí PS3 již bude v majetku investora (respektive provozovatele lokální distribuční sítě LDS). Stanice bude vnitřní přepážkou rozdělena na část ČEZ Distribuce a část Investora.

6.1 Návrh a výběr kiosku přípojný stanice PS3

Tělo přípojný stanice PS3 bude tvořeno betonovým pochozím kioskem firmy BETONBAU typové řady UF3054 o stavebních rozměrech 2980 x 5380 x 3560 (Š x D x V). Rozměry a typ kiosku přípojný stanice byly navrženy dle potřebného prostorového rozmístění rozvaděče VN viz kapitola 6.2 rozdělení a uspořádání VN rozvaděče v přípojný stanici PS3.



Obrázek 16 Rozměry kioskové předávací stanice PS3

Stanice firmy BETONBAU je určena k instalaci rozvodného zařízení vysokého a nízkého napětí. Obsluha a údržba se provádí z vnitřku stanice. Buňky vyhovují pro stavbu elektrických stanic (ČSN 333210, 333220). Uvnitř buňky je prostředí normální.

Stavební část přípojný stanice je navržena z 1 ks monolitické prostorové buňky, systému BETONBAU. Vlastní stavební těleso se skládá ze základové desky a vnějších stěn. Otvory pro dveře a kabelové průchodky se vytvářejí již při vlastním odlévání.

Místní základy pod přípojnou stanicí odpadají, neboť vana stanice je odlita monoliticky spolu s tělem a přebírá tak i funkci základových pásů. Vana slouží kromě toho jako kabelový prostor. Proveďte se pouze výkop potřebného rozměru a úprava podloží – zhutnění na 250KN/m² se štěrkovým ložem.

Jako zvláštní prefabrikovaný díl je na těleso stanice uložena střešní deska. Je zvolena střešní deska s přesahem 60mm a bočními větracími štěrbinami. Vrchní strana je chráněna proti slunečnímu záření vrstvou štěrku. Odvod dešťové vody je ocelovým chrličem na terén.

Fasáda – povrch betonu je opatřen ochrannou povrchovou vrstvou lehce strukturované omítky. Barevný odstín omítky a další stavební úpravy (obklady, barva dveří, atd.) budou upřesněny po konzultaci s investorem a vybrány ze vzorníku firmy BETONBAU.

Mezipodlaha – mezi kabelový prostor a vlastní prostor rozvaděčů je položena na konstrukci ze železných a hliníkových profilů na podpěrách mezipodlaha z překližky tl. 27 mm o nosnosti 1000 kg/m², se samozhášivou úpravou.

Větrání – přívod vzduchu krytou dvevní lištou a ventilačními prvky s krytím IP 33. Ve stanici je navrženo cirkulační odvětrání přes hliníkový větrací prvek se žaluziemi. Všechny ventilační prvky jsou zkoušeny na bezpečnost při obloukovém zkratu uvnitř stanice.

Těleso je pro vodu a plyny nepropustné. V podzemní části je opatřeno doplňkovým ochranným nátěrem proti zemní vlhkosti na asfaltové bázi.

Navrhuje se odvod vody ze střešní vany vnějším svodem s volným výtokem na terén.

Technologické požadavky na dopravu a montáž – buňky se dopravují vzhledem k rozměrům a hmotnosti jako nadrozměrný náklad.

6.1.1 Další technické údaje přípojně stanice PS3

Přípojná stanice PS3 bude vybavena silovým NN rozvaděčem s označením R-1 který bude sloužit pro napojení osvětlení, zásuvek a topení v přípojně stanici PS3.

Rozvaděč NN 0,4 kV:

Označení:	R-1
Napěťová soustava:	3+PEN, 50Hz, 400/231V, TN-C-S
Jmenovité napětí:	400 V
Jmenovitý proud přípojnic:	63 A
Vývody:	pro elektroinstalaci stanice

Větrání stanice:

Ve stanici se předpokládá přirozené chlazení. Chlazení je řešeno výrobcem kioskové stanice (žaluzie) – viz stavební část. Pro zimní provoz je umístěno do stanice elektrické vytápění (radiátor), ovládaný termostatem (bude osazen až po montáži technologického zařízení).

Elektroinstalace:

Elektroinstalace ve stanici je tvořena osvětlením, zásuvkovými vývody a připojením elektrického radiátoru, ovládaného termostatem. Pro napájení objektu bude položena kabelová přípojka NN AYKY 4x25 z trafostanice TSO14.

Jsou navržena zářivková svítidla 2x36W, krytí IP 54. Dosažená hladina osvětlení $E_{pk} = 150 \text{ Lx}$. Dále budou v rozvodně dvě nouzová svítidla s vlastním zdrojem pro nouzové osvětlení v případě výpadku elektrické energie. Součástí instalace jsou zásuvky 16A/230V a 32A/400V a napojení rozvaděče dálkového ovládání a monitoringu ČEZ Distribuce.

Ochranné a pracovní pomůcky:

Pomůcky budou součástí vybavení zaměstnance nebo skupiny vstupující do stanice za účelem obsluhy a práce na rozvodném zařízení v návaznosti na charakter jejich činnosti.

Před rozvaděčem VN bude položen dielektrický koberec.

Stanice bude vybavena místními provozními předpisy na provozování přípojných stanic s uvedením osoby zodpovědné za její provoz a obsluhu, potvrzené Energetickým dispečinkem ČEZ a.s.

6.1.2 Uzemnění přípojných stanic PS3

Vnitřní uzemnění:

Uvnitř stanice se zřizuje obvodový ochranný vodič FeZn 120mm², na který je připojena armatura a neživé části rozvodného zařízení. Připojení na vnější uzemňovací soustavu se provádí přes dvě zemnicí průchodky vybavené svorníkem. Bude provedeno společné uzemnění pro VN i NN podle ČSN páskem FeZn 30/4 mm, doplněné o potencionální prahy zemnicem FeZn 30x4 mm před vstupem do stanice a musí mít hodnotu menší než 2 ohmy.

Vnější uzemnění:

Výpočet uzemnění byl proveden dle ČSN 33 2000-5-54, příloha NL jako soustava tyčových zemniců spojených páskovým zemnicem. Půdu předpokládáme homogenní o průměrné rezistivitě 150 Ωm .

Výkresové provedení uzemnění můžete následně vidět, viz příloha D. 06 Uzemnění přípojných stanic PS3.

6.2 Rozdělení a uspořádání VN rozvaděčů v přípojné stanici PS3

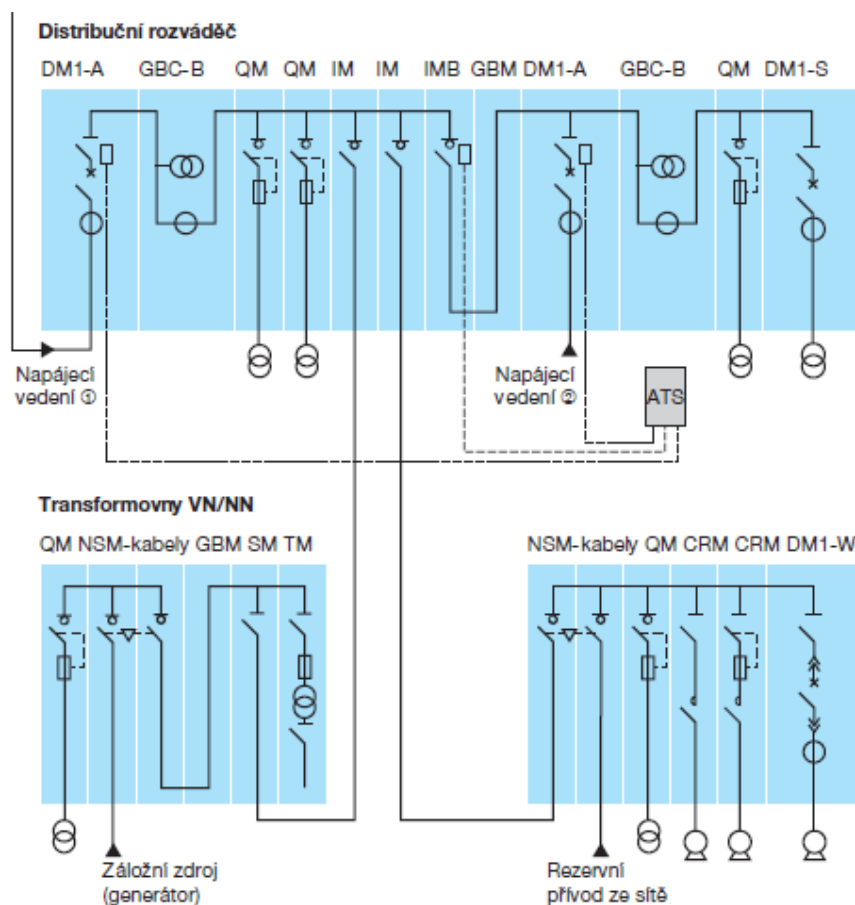
Jako rozvaděč VN je navržen zapouzdřený rozvaděč s izolací SF₆, dodavatelem rozvaděče je Schneider Electric.

Typ rozvaděče	: SM6, jeden systém přípojníc
Jmenovité napětí	: 24 kV (potvrzení konformity dle ČSN pro 25 kV)
Provozní napětí	: 22 kV
Jmenovitý proud přípojníc	: 630 A
Krátkodobý proud	: 16 kA / 1 s
Dynamický proud	: 40 kA max
Odolnost proti vnitřnímu obl. zkratu dle IEC (a-FL):	16 kA / 1 s

Rozvaděče řady SM6 patří do komplexní nabídky výrobků, které jsou navrženy pro zajištění všech požadavků na rozvody elektrické energie vysokého i nízkého napětí. Všechny tyto produkty jsou vyrobeny pro vzájemnou spolupráci, z hlediska elektrické, mechanické a komunikační kompatibility.

Rozvaděče řady SM6 jsou tvořeny modulárními kovově zapouzdřenými skříněmi s pevnými nebo výsuvnými, spínacími přístroji s plynem SF₆ nebo ve vakuu.

Skříně SM6 se používají jako VN sekce v transformovnách VN/NN ve veřejných distribučních sítích i v distribučních stanicích jednotlivých spotřebitelů při napětích do 25 kV.



Obrázek 17 Standardní skladba polí VN a NN rozvaděče v distribučních rozvodnách a trafostanicích

6.2.1 Skladba polí VN rozvaděče v přípojné stanici PS3

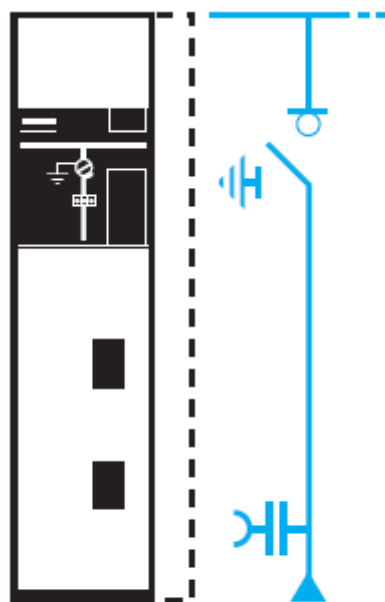
Přípojná stanice PS3 je vybavena šesti poli s odpínačem s označením IM 375mm, jedním polem odpínače s uzemňovačem s označením IMB 375mm, jedním polem přípojovací skříně s označením GBM 375mm, jedním polem vypínače s označením DM1-D 750mm a jedním polem měření proudu a napětí s označením GBC-A 750mm.

Pole IM 375mm jsou rozděleny do dvou skupin.

První skupina je tvořena dvěma poli IM 375mm, které jsou definovány jako přívodní pole do přípojné stanice PS3. Tyto pole jsou dispozičně umístěny v části přípojné stanice PS3, která je v majetku společnosti ČEZ Distribuce a.s. Tyto pole jsou rovněž vybaveny motoricky ovládanými odpínači pro možnost dálkového ovládání z velína společnosti ČEZ Distribuce a.s.

Druhá skupina je tvořena čtyřmi poli IM 375mm, které jsou definovány jako vývodové pole z přípojné stanice PS3 a ve své podstatě tvoří vývody pro smyčky PS3/1 a PS3/2 vždy dvě pole pro jednu

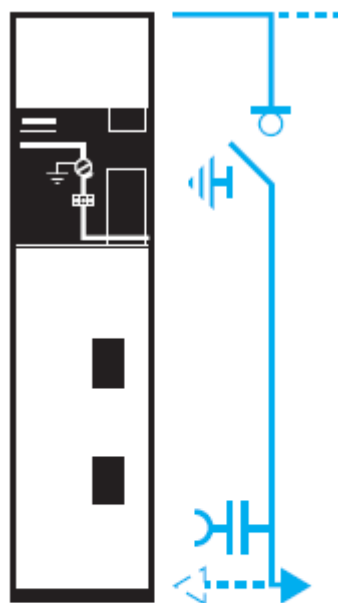
smyčku. Tyto pole jsou umístěny v části přípojné stanice PS3, která je v majetku investora a tvoří koncové pole VN rozvaděče. Vývodové pole IM 375mm jsou rovněž osazeny odpojovači ovšem v tomto případě mechanicky ovládanými odpojovači.



Skříň s odpínačem
IM (375 nebo 500 mm)

Obrázek 18 Skříň s odpínačem s označením IM 375 mm

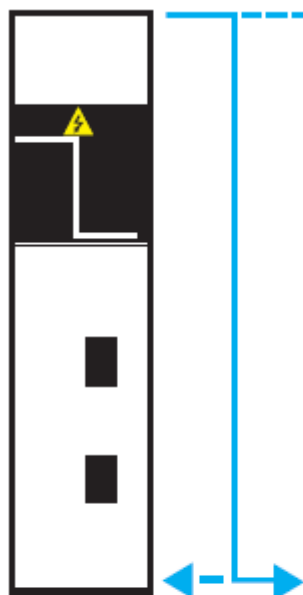
Pole IMB 375mm je tvořeno jedním polem vybaveným odpínačem s uzemňovačem. Toto pole má oproti skřini IM boční vývod přípojníc nahoře a dole, kdežto IM má pouze horní. Z hlediska schématu tedy funguje IMB jako podélný spínací prvek, kdežto IM jako přípojný (dole koncovka na kabel). Toto pole je dispozičně umístěno v části přípojné stanice PS3, která je v majetku společnosti ČEZ Distribuce a.s. Toto pole je rovněž vybaveno motoricky ovládaným odpínačem pro možnost dálkového ovládání z velína společnosti ČEZ Distribuce a.s.



**Skříň s odpínačem
s nebo bez
uzemňovače, vývod
vlevo nebo vpravo
IMB (375 mm)**

Obrázek 19 Skříň s odpínačem s označením IMB 375 mm

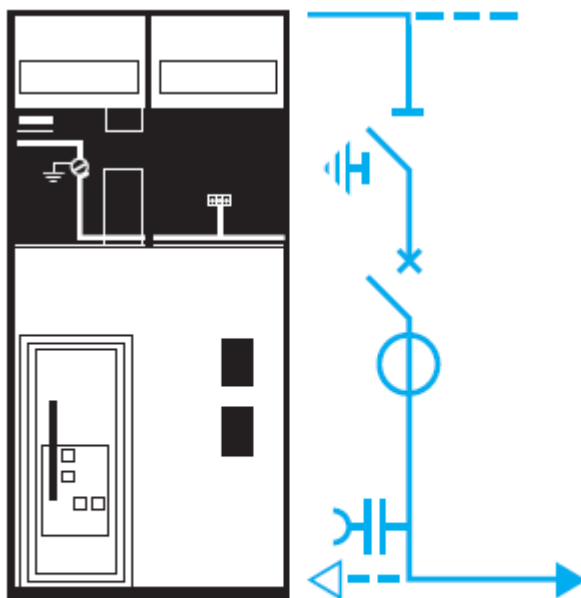
Pole GBM 375mm je tvořeno jedním polem sloužící jako přípojovací skříň. Toto pole je dispozičně umístěno v části přípojné stanice PS3, která je napůl v majetku společnosti ČEZ Distribuce a.s a na půl v majetku investora. Toto pole v podstatě tvoří rozhraní mezi částí ČEZ Distribuce a částí investora.



**Přípojovací skříň, vývod
vpravo nebo vlevo
GBM (375 mm)**

Obrázek 20 Přípojovací skříň s označením GBM 375 mm

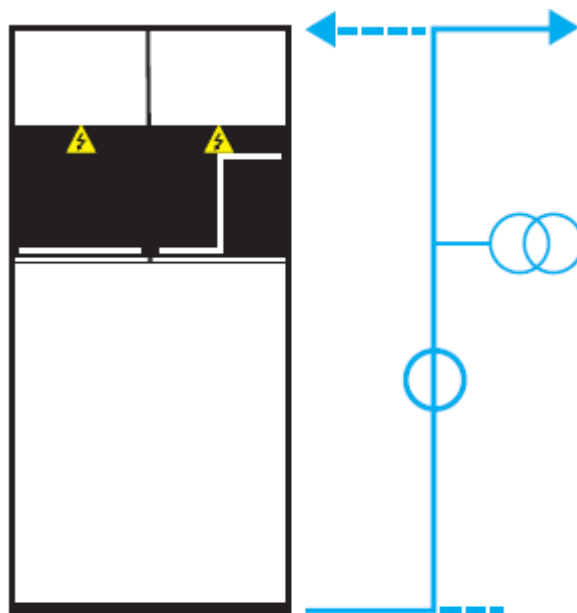
Pole DM1-D 750mm je tvořeno jedním polem s vypínačem. Ve své podstatě se jedná o pole vybavené vypínačem, na který působí proudová ochrana. Podle toho na jaké parametry je proudová ochrana nastavena tak podle toho reaguje vypínač. Toto pole je dispozičně umístěno v části přípojné stanice PS3, která je v majetku investora.



**Skříň s vypínačem
s vývodem vpravo nebo vlevo
DM1-D (750 mm)**

Obrázek 21 Skříň s vypínačem DM1-D 750 mm

Pole GMBC-A 750mm je tvořeno jedním polem s měřením proudu a napětí. Ve své podstatě se jedná o pole, které je vybavené přístrojovým transformátorem pro měření proudu a přístrojovým transformátorem pro měření napětí. Výstupy z těchto přístrojových měřících transformátorů proudu a napětí jsou následně vyvedeny, jako vstupy do skříně USM kde se provádí fakturační měření o spotřebě elektrické energie pro smyčky PS3/1 a PS3/2. Toto pole je dispozičně umístěno v části přípojné stanice PS3, která je v majetku investora. Provedení měřícího pole musí být ovšem dle připojovacích podmínek společnosti ČEZ Distribuce a.s.



**Skříň s měřením proudu a/nebo
napětí s vývodem vpravo nebo vlevo
GBC-A (750 mm)**

Obrázek 22 Skříň s měřením proudu a napětí GBC - A 750 mm

Celková velikost VN rozvaděče jak části v majetku společnosti ČEZ Distribuce a.s. tak v majetku investora má rozměry:

Výška: 1600mm

Šířka: 3000mm

Hloubka: 1030mm

Schéma rozvaděče spolu se vzájemným propojení jednotlivých polí a dispoziční umístění rozvaděče VN v přípojně stanici PS3 můžete vidět v příloze D. 02 Rozmístění strojů v přípojně stanici PS3, příloze D. 03 Schéma napájení přípojně stanice PS3 a v příloze D. 04 Rozvaděč VN v přípojně stanici PS3

6.3 Měření spotřeby elektrické energie

Měřením se zjišťuje množství dodané nebo odebrané činné a jalové elektřiny. Zákazník nebo výrobce je povinen před zahájením výstavby odběrného předávacího místa nebo před realizací jeho změny či úpravy, která ovlivní parametry stávajícího měření předložit odpovědnému pracovníkovi projektovou dokumentaci k odsouhlasení.

Množství odebrané nebo dodané elektřiny je měřeno zpravidla v místě odběrného předávacího místa, kde elektřina přechází ze zařízení distributora do zařízení zákazníka, a to podle údajů vlastního měřicího zařízení, které je zákazníkovi namontováno a zapojeno.

Zákazník musí vytvořit podmínky k tomu, aby umožnil pracovníkům distributora provádět kontrolu, odečet, údržbu, výměnu i odebrání měřicího zařízení. Zákazník je rovněž povinen pečovat o měřicí

zařízení v majetku distributora a zařízení pro přenos dat tak, aby nedošlo k jeho poškození, zničení nebo odcizení, sledovat řádný chod měřicí soupravy a neprodleně ohlásit veškeré závady na měření.

6.3.1 Měřicí transformátory proudu a napětí

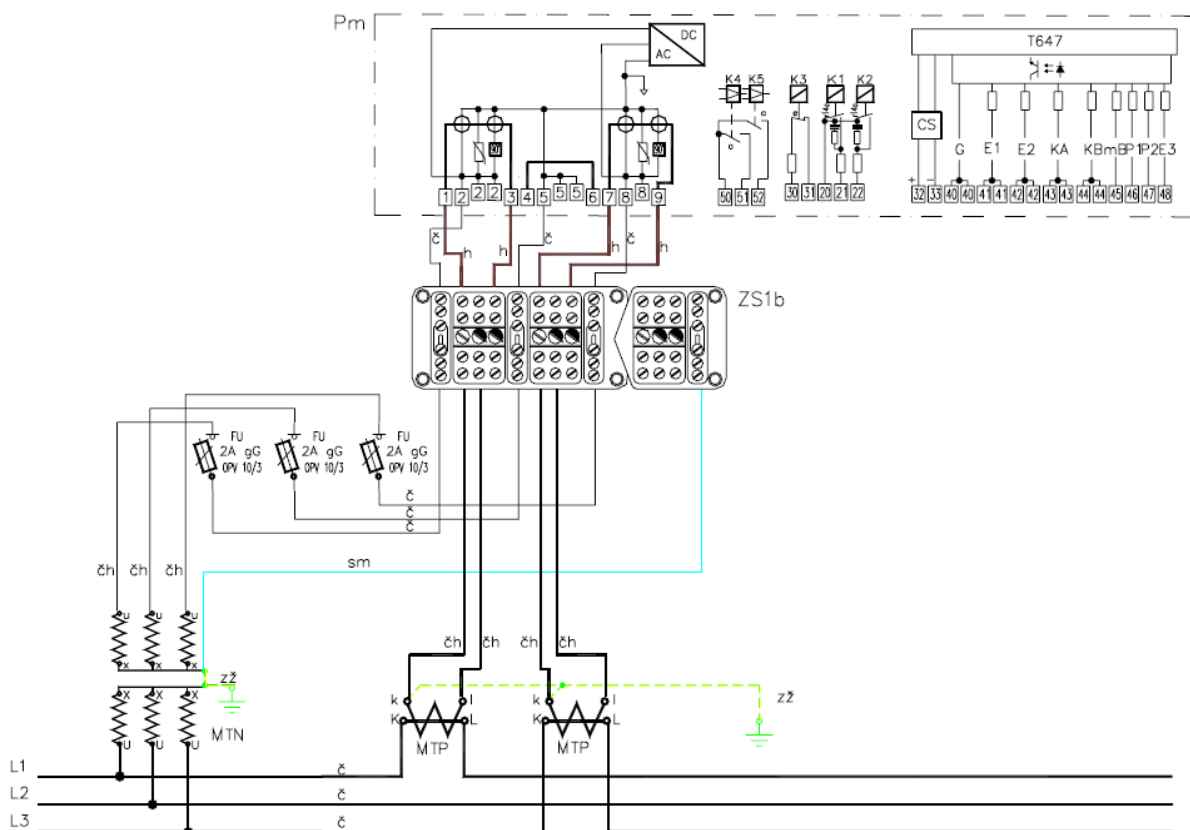
Měření u zákazníků kategorie A, B (zákazník A je konečný zákazník připojený k distribuční síti s napětím mezi fázemi vyšším než 52kV a zákazník B je konečný zákazník připojený k distribuční soustavě s napětím mezi fázemi od 1kV do 52kV včetně) se provádí vždy s použitím měřicího transformátoru proudu (MTP) a při primárním měření také měřícím transformátorem napětí (MTN). Měřicí transformátory (MT) jsou podle zákona o metrologii č. 505/1990 Sb. v platném znění stanovená měřidla, musí být schváleného typu a úředně ověřeny. To znamená, že budou opatřeny úřední značkou a letopočtem (min. posledním dvojčíslem letopočtu) posledního ověření. Měřicí transformátory (MT) jsou v majetku provozovatele odběrného elektrického zařízení.



Obrázek 23 Měřicí transformátor proudu (obrázek vpravo) a napětí (obrázek vlevo)

V soustavě VN se použije Aronova zapojení – měřicí transformátor proudu (MTP) ve fázích L1 a L3 a měřicí transformátor napětí (MTN). V soustavě VVN a NN bude měření ve všech fázích. Jmenovitá zátěž měřicího transformátoru proudu (MTP) a měřicího transformátoru napětí (MTN) musí být volena s ohledem na spotřebu měřicích přístrojů, zapojených v sekundárním obvodu a ztráty, způsobené spojovacím vedením.

Skutečná zátěž měřících transformátorů (MT) musí být v rozsahu 25-100% jmenovité zátěže jádra včetně ztrát na vinutí.



Obrázek 24 Aronovo zapojení měřících transformátorů proudu a napětí

Legenda k obrázku:

Pm – elektronický elektroměr třífázový čtyřkvadrantní

FU – pojistkový odpínač s pojistkou 2A

ZS1b – zkušební svorkovnice šroubovací

MTP – měřící transformátor proudu

MTN – měřící transformátor napětí

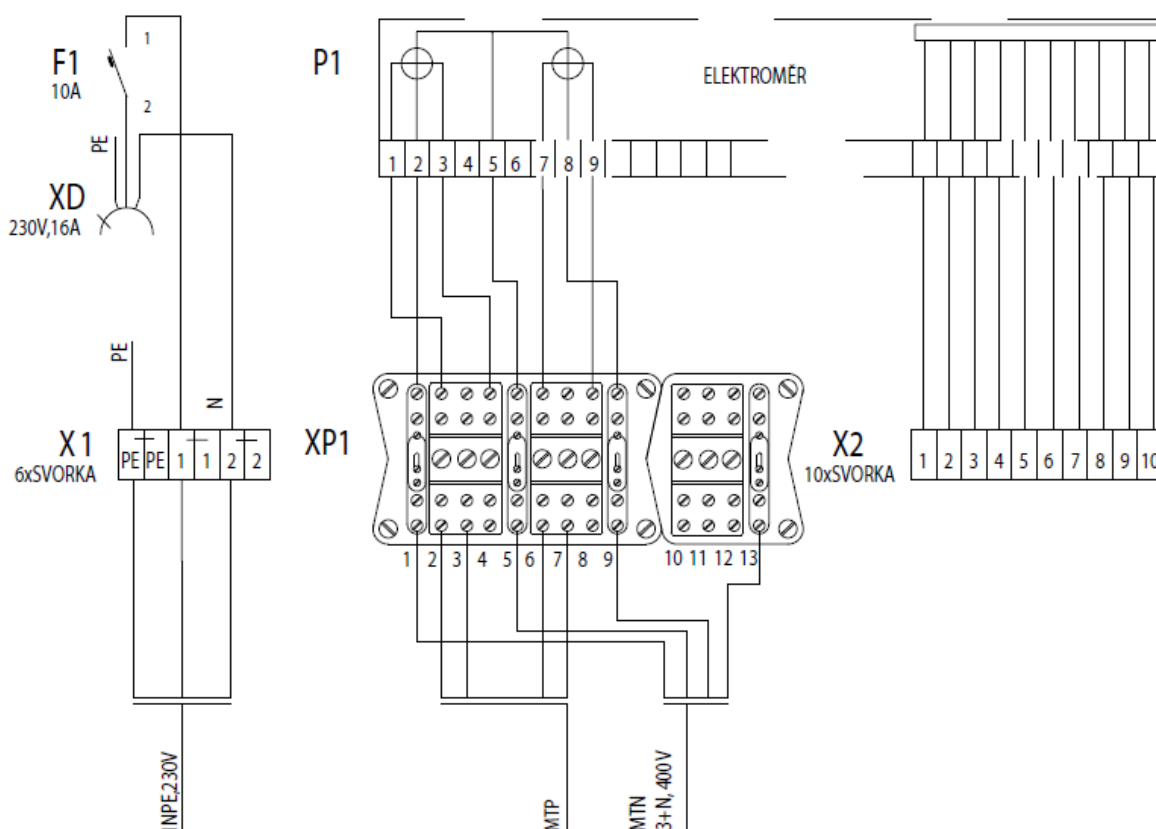
6.3.2 Elektroměry

K měření odběru popř. dodávky činné a jalové elektrické práce a výkonu v obchodním styku se používají elektroměry, které jsou dle zákona o metrologii č. 505/1990 Sb. v platném znění stanovená měřidla. U zákazníků s měřením v napěťové úrovni NN se používají třísystémové čtyřvodičové elektroměry. U zákazníků s měřením v napěťové úrovni VN se používají zpravidla dvousystémové

třívodičové elektroměry. U zákazníků s měřením v napěťové úrovni VVN se používají třísystémové čtyřvodičové elektroměry.

Třída přesnosti použitých elektroměrů pro sekundární měření a primární měření vn, vvn je stanovena vyhláškou 218/2001 v platném znění.

Údaje naměřené a poskytované elektroměrem zpravidla zohledňují převody připojených měřicích transformátorů (MT).



Obrázek 25 Zapojení dvousystémového elektroměru

6.4 Dálkové řízení VN rozvaděče v přípojné stanici PS3

Dálkové ovládání odpínačů v rozvaděči VN ve vlastnictví společnosti ČEZ Distribuce a.s. včetně signalizace jejich stavů a dalších poruchových hlášení se děje prostřednictvím kontaktů relé a galvanicky oddělených vstupů, které jsou součástí řídicí a vstupně/výstupní jednotky GSM RTU7M od firmy ELVAC.

Tyto jednotky jsou včetně dalších potřebných komponentů, jisticích prvků, pomocného relé, vstupně/výstupní svorkovnice atd. umístěny ve skříni dálkového ovládání s označením AXV1.

Dálková signalizace stavu odpínačů, průchod zkratového proudu, ztráty ovládacího a napájecího napětí a dalších vybraných skutečností se bude provádět změnovým způsobem. To znamená, že při změně stavu některé sledované veličiny se vysílá alarmová zpráva s časovou značkou, která se zaznamená na dispečinku do deníku. Zařízení reaguje na příkazy z dispečinku.

Systém dálkového ovládání a signalizace umožňuje komunikaci mezi centrálním dispečinkem a předávací stanicí PS3 pomocí sítě GSM technologií GPRS. Systém se skládá z baterií pro zálohování chodu a napájecího zdroje.

Přípojná stanice PS3 v oblasti průmyslové zóny Hrabová je osazena rozvaděči VN typu SM6 společnosti Schneider v členění:

1. IM500 - přívodní pole 1, VN1233 (část ČEZ)
2. IM500 - přívodní pole 2, VN1234 (část ČEZ)
3. IMB - podélné dělení (část ČEZ)
4. GMB - přechodové pole
5. DM1-D - vypínačové pole s ochranou (část investora)
6. GBC-A - pole měření (část investora)
7. IM375 - přívodní pole (část investora)
8. IM375 - přívodní pole (část investora)

Ovládané odpínače jsou vybaveny pohony pro napětí 24V DC.

Každé kabelové pole bude vybaveno proudovými měřicími transformátory PDT 200A/20mA (zapojené ve všech fázích), které prostřednictvím modulu M3ZQ-I2 jednotky RTU 7M indikují zkratové proudy a zemní spojení.

Dále do ovládaných skříní budou instalovány relé VD3H (V23) k indikaci napětí na koncovkách kabelu s dálkovým hlášením.

Skříň dálkového ovládání AXV1 bude propojena pomocí povelových a signálních kabelů na jednotlivá zařízení VN rozvaděče a napájecím kabelem se skříněmi NN.

Ovládání:

Odpínače je možno ovládat na třech úrovních:

- a) dálkově - při navoleném dálkovém provozu na skříní AXV1 jsou odpínače ovládány z dispečinku, místně je elektronicky ovládání zablokováno
- b) místně - pomocí tlačítek na skříní AXV1 (přepínač provozu musí být v poloze místně), blokováno dálkové ovládání

c) ručně - ovládací pákou ze skříní odpínačů

Měření:

Provádí se měření proudu ve všech fázích kabelových přívodů včetně podélné spojky v části ČEZ. Převod měniče PDT je 200A / 20mA. V části odběratele se provádí měření ze všech fází proudů (rozsah měničů 200A/5A) a napětí $22/\sqrt{3}/0,1/\sqrt{3}$ kV) a tím pádem je přenos na dispečink jalového i činného výkon.

Ochrany:

Ochrana SEPAM je v poli DM1-D. Na dispečink se přenáší sdružené hlášení vypnutí vypínače ochranou (H100T).

Signalizace:

Jednotky RTU 7M jsou vybaveny moduly s digitálními s pasivními vstupy se společným napětím 24V DC. Na dispečink se přenáší nejen informace o stavu spínaných přístrojů (odpínačů, uzemňovačů, jističů), ale hlášení o stavu napětí na koncovech kabelu, existence napájecího napětí, stavu AKU baterie, otevření dveří skříně AXV1 a rozvodny, atd. Dále se na dispečink přenáší hlášení o průchodu zkratového proudu, zemního spojení a samotné hodnoty proudu a napětí.

7 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vyřešit problematiku návrhu lokální distribuční sítě v průmyslové zóně Hrabová.

V teoretické části diplomové práce byla řešena teoretická část dané problematiky, jakožto rozbor elektrizačních soustav, dimenzování silového vybavení rozvodných soustav, aj...

V praktické části diplomové práce byla řešena problematika energetické bilance pro správné navržení přívodního VN kabelu do přípojné stanice PS3 a rovněž pak VN kabelu pro smyčky PS3/1 a PS3/2. Následně pak onen samotný návrh patřičné dimenze a uložení VN kabelů a popis standardu ČEZ Distribuce.

Ostatně jak bylo psáno v úvodu diplomové práce, byla řešena problematika návrhu přípojné stanice PS3, výběr samotného kiosku, který je tvořen betonovým prefabrikátem od firmy BETONBAU, samotné uspořádání VN rozvaděče v přípojné stanici a jeho vybavení.

Zároveň byla v poslední části diplomové práce řešena problematika dálkového ovládání přípojné stanice z velína společnosti ČEZ Distribuce, jakožto zapínání a vypínání jednotlivých přívodových polí do přípojné stanice PS3, měření spotřeby elektrické energie pomocí přístrojových transformátorů proudu a napětí a následné propojení na elektroměr do skříně USM.

Závěrem bych chtěl podotknout, že budu rád, když se v pozdějším profesním životě dostanu k takto zajímavým projektům s obdoně složitou problematikou jako byl návrh lokální distribuční sítě v průmyslové zóně Hrabová.

SEZNAM ZDROJŮ A POUŽITÉ LITERATURY

1. Hradílek, Z.: Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí. Montanex a.s., Ostrava, 2008
2. *Provoz distribučních soustav*. Zikova 1905/4, 166 36 Praha 6: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04935-8.
3. ORSÁGOVÁ, Jaroslava. *Rozvodná Zařízení* [online]. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně, , 151.
4. *Koncepce řešení vlastní spotřeby ve stanicích přenosové soustavy* [online]. Praha, 2014. Bakalářská práce. Česká vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Ing. Jan Špetlík, Ph.D.
5. Prakab Pražská Kabelovna. *Prakab* [online]. Praha: Prakab, 2017 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://www.prakab.cz/cz/index.html>
6. *PNE 34 1050 Kladení kabelů NN, VN a 110kV v distribučních sítích energetiky*. 2011. Praha: ČEZ Distribuce, 2011.
7. *Zákon 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)*. In: . Praha, 2000, ročník 2000, 458/2000. Dostupné také z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=49962&fulltext=458~2F2000&rpp=15#local-content>
8. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví. *ÚNMZ* [online]. Praha: ÚNMZ, 2017 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/urad/unmz>
9. Elpro-Energo, kabelové spojky. *Kabelové spojky* [online]. Praha: Elpro-energo, 2017 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://www.elpro-energo.cz/kabelove-soubory/kabelove-spojky/>
10. BETONBAU technické budovy a zařízení. *BETONBAU technické budovy a zařízení* [online]. Praha: BETONBAU, 2017 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://www.betonbau.cz/produkty/pochozi-betonove-objekty-a-prostorove-bunky/typova-rada-uf-30/typova-rada>
11. KPB Intra, přístrojové transformátory. *KPB Intra, přístrojové transformátory* [online]. Praha: KPB Intra, 2017 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <https://www.kpb intra.cz/>
12. *Připojovací podmínky pro umístění měřících zařízení v odběrných a předávacích místech napojených ze sítí VN, VVN* [online]. 2009, **2009**, 1 - 14 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/technicke-informace/kpp-ab-2009.pdf>

13. ESB Rozvaděče. *ESB Rozvaděče* [online]. Praha: ESB-Rozvaděče, 2017 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://www.esb-rozvadece.cz/>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A	Stavební řešení přípojné stanice PS3
Příloha B	Rozmístění strojů v přípojné stanici PS3
Příloha C	Schéma napájení přípojné stanice PS3
Příloha D	Rozvaděč VN v přípojné stanici PS3
Příloha E	Elektro – instalace v přípojné stanici PS3
Příloha F	Uzemnění přípojné stanice PS3
Příloha G	Situační výkres širších vztahů
Příloha H	Schéma sítě – konečný stav
Příloha I	Návrh sítě – konečný stav

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	Uspořádání elektrizační soustavy	14
Obrázek 2	Druhy rozvodů	16
Obrázek 3	Příklad systému uzemnění v distribučních soustavách VN	20
Obrázek 4	Okružní síť NN	21
Obrázek 5	Zjednodušená mřížová síť NN	22
Obrázek 6	Klasická mřížová síť NN	23
Obrázek 7	Klasická mřížová síť NN - rozdělení proudu v mřížové síti při zkratu	23
Obrázek 8	Jednosystémová mřížová síť NN	24
Obrázek 9	Dvousystémová mřížová síť NN	24
Obrázek 10	Výstřižek žádosti o připojení elektrického zařízení	31
Obrázek 11	Schéma záložního propojení rozveden 110/22 kV Paskov - Hrabová a připojení přípojné stanice PS3	33
Obrázek 12	Katalogový list VN přívodního kabelu do přípojné stanice PS3	36
Obrázek 13	Vzorové řezy pro uložení VN kabelu v průmyslové zóně Hrabová	46
Obrázek 14	Provedení připojení trafostanice pomocí VN kabelových spojek	47
Obrázek 15	Konstrukce samosmršťovací spojky	48
Obrázek 16	Rozměry kioskové předávací stanice PS3	49
Obrázek 17	Standardní skladba polí VN a NN rozvaděče v distribučních rozvodnách a trafostanicích	53
Obrázek 18	Skříň s odpínačem s označením IM 375 mm	54
Obrázek 19	Skříň s odpínačem s označením IMB 375 mm	55
Obrázek 20	Propojovací skříň s označením GBM 375 mm	55
Obrázek 21	Skříň s vypínačem DM1-D 750 mm	56
Obrázek 22	Skříň s měřením proudu a napětí GBC - A 750 mm	57
Obrázek 23	Měřicí transformátor proudu (obrázek vpravo) a napětí (obrázek vlevo)	58
Obrázek 24	Aronovo zapojení měřících transformátorů proudu a napětí	59
Obrázek 25	Zapojení dvousystémového elektroměru	60

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Energetická bilance a zatřídění hal napojených v rámci smyček PS3/1 a PS3/2	30
Tabulka 2 Nejmenší dovolené vodorovné vzdálenosti při souběhu podzemních sítí v[m]	41
Tabulka 3 Nejmenší dovolené svislé vzdálenosti při souběhu podzemních sítí v[m]	42
Tabulka 4 Nejmenší dovolené krytí podzemních sítí	43
Tabulka 5 Hloubka uložení kabelu	43